tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 54 nr. 1 1989

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260 AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris
Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 60,- per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt fl. 60,-. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

OPTICAL FIBRES FOR TELECOMMUNICATION

Dr. H. Schaper, Ing. B.A.M. Teunissen
Philips Optical Fibre, Eindhoven, The Netherlands

Optical glass fibres have become the new generation transmission media for modern telecommunication networks. This article gives an impression of the worldwide acception of optical fibre systems and it describes the fibre manufacturing processes. Special emphasis is devoted to particular fibre material properties.

1 Introduction

In the early seventies the evolution of optical fibres began with the installation of several thousand kilometres of fibre cables.
The North American market adopted this technology first, which resulted in 70% world market share. About three years later the European market started to switch from the traditional copper cable to optical fibre cable.
Now, 10 years later, millions of fibre kilometers are in use.
Around 90% of the installed optical fibre cables are in use for long-distance telecommunication networks; the remaining part is medium distance telecommunication networks. The penetration of optical fibre in the local network ("the last mile") is expected to commence in the mid-nineties.
About 80% to 90% of the fibres made each year are single-mode fibres, the remaining capacity is used for graded-index multimode fibres.
This is an interesting development since in the seventies the overwhelming position of the installed fibre cables contained graded-index fibres. The higher transmission capacity of single-mode fibres made the world-market shift to single-mode fibres only a few years later.
Amazingly enough, a return to graded-index fibres can be expected for the application in increasing market-segments like Local Area Networks (LAN), computer-interconnects and military applications.
The worldmarket for optical fibre increases each year with 15-20% (see table 1).

Table 1: Forecast: Usage of optical fibres.

Area	1988	1989	1990	1991 *
Europe	850	1050	1200	1550
USA	1500	1700	1900	2400
Japan	700	850	1000	1100
Rest of world	400	500	600	650
	3450	4100	4700	5700

*= x 1000 km

2. Optical Fibre Processing

In the area of silica-based optical fibres, four techniques have matured into industrialized fabrication processes. Table 2 gives a summary of the centra of these technologies together with an indication of the processes applied.
The technologies differ mainly in the first process step, i.e. the preparation of the optical preforms. In the subsequent process step which is very similarly executed everywhere, these preforms are drawn into the actual fibres, typically between 10 and 100 kilometers per preform.

Table 2

Corning	OVD
AT&T	MCVD
Sumitomo	VAD
Philips	PCVD

Table 2: Major fibres manufacturers with their process

All four preform fabrication processes are based on the same chemistry, i.e. oxidation of silicon chloride with oxygen in a gas phase reaction:

$$SiCl_4 + O_2 \rightarrow SiO_2 + 2\ Cl_2$$

Together with the quartz, certain dopant materials are deposited in order to control, i.e. generally vary, the refractive index of the material.
The most commonly used dopants are germanium and phosphorus compounds to raise the refractive index relative to quartz, and boron or fluorine compounds to lower it.
As an exception, the PCVD process applies no dopants other than germanium and fluorine.

Aside from technological details, the preform fabrication processes can lso be grouped according to the following scheme:

A Processes that do not need reactor tubes:

OVD: Outside Vapour Deposition (1)
VAD: Vapour Axial Depostion (2)
which both prepare porous soot bodies in a flame hydrolysis process.

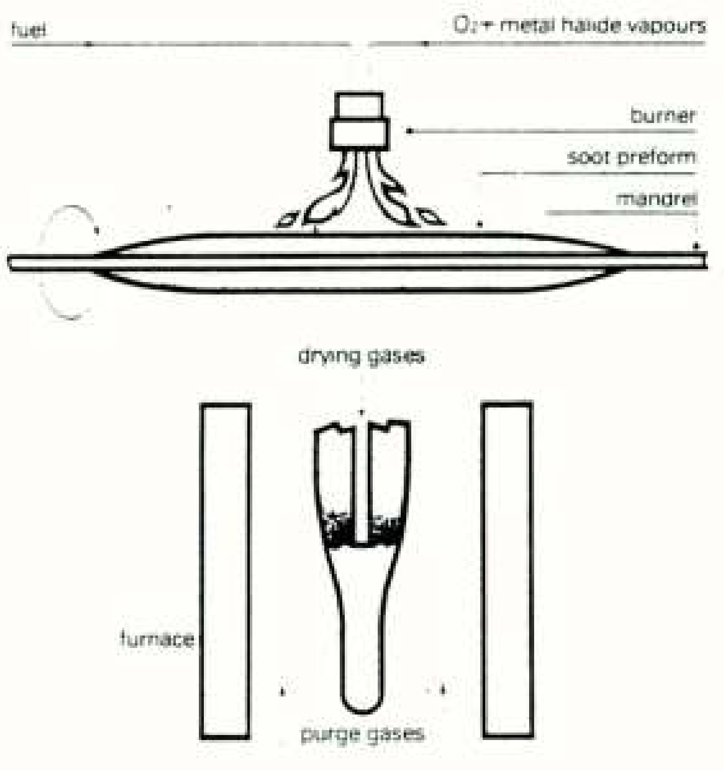


Fig. 1. Outside Vapour

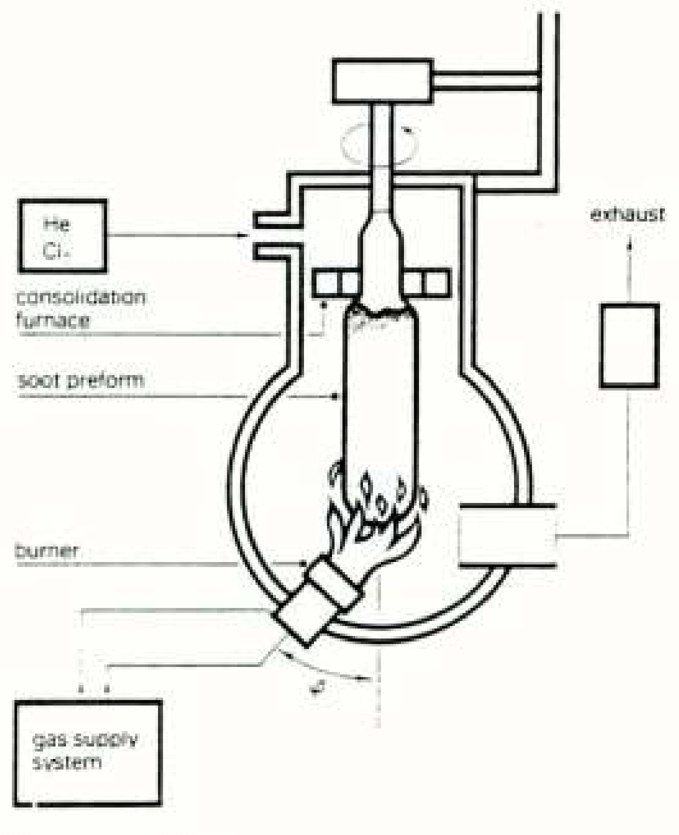


Fig. 2. Vapour Axial Deposition

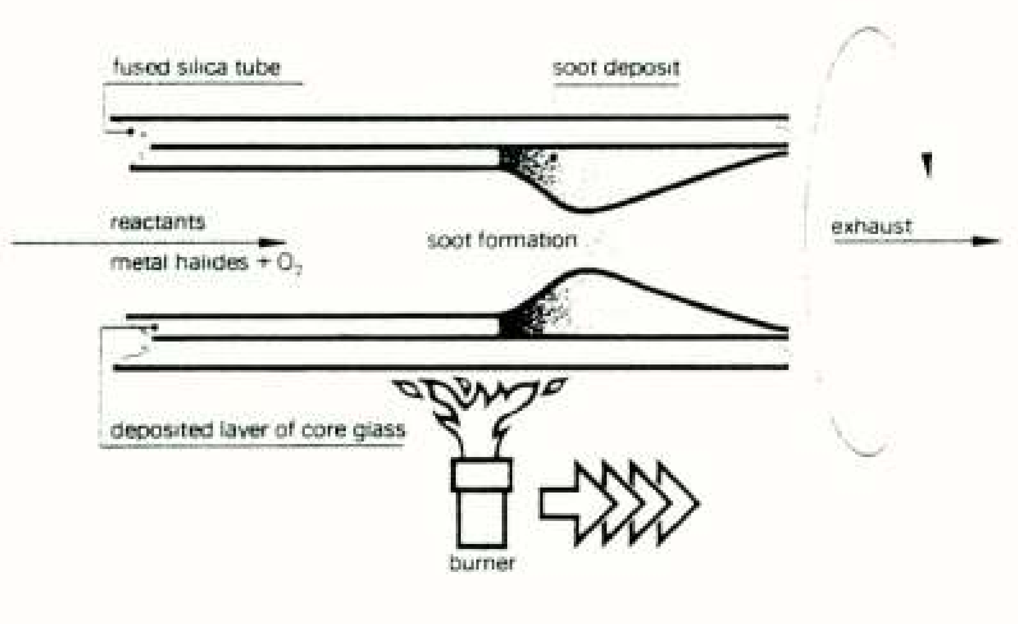


Fig. 3. Modified Chemical Vapour Deposition

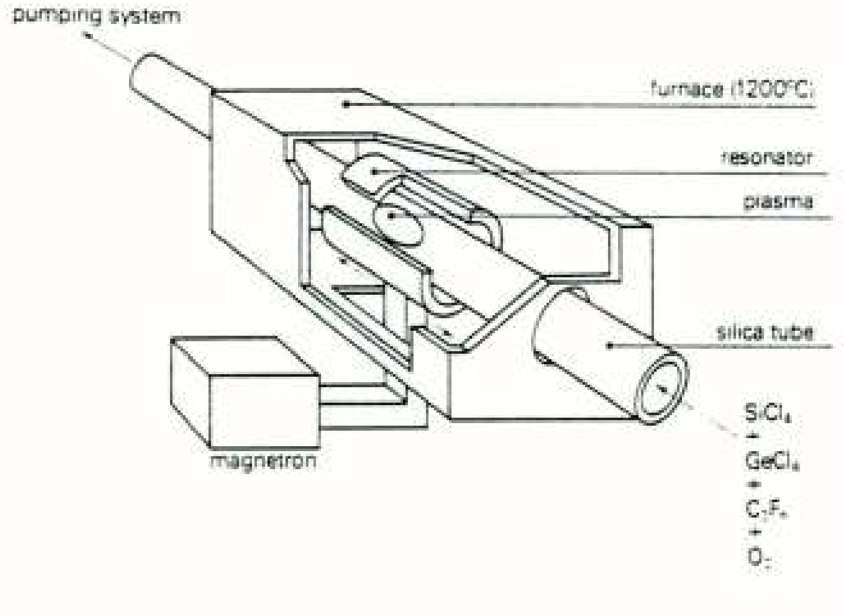


Fig. 4. Plasma Activated Chemical Vapour Deposition

The porous bodies are compacted into solid preforms in a subsequent sintering step.

B Processes inside a reactor tube:

MCVD: Modified Chemical Vapour Depositon (3)
PCVD: Plasma Activated Chemical Vapour Deposition (4,5)

The MCVD process makes use of the thermal reaction of silica chloride with oxygen at atmospheric pressure, whereas the energy source in PCVD is a microwave plasma in the reduced pressure regime.

Figures 1-4 summarize schematically the predominant features of the four different preform fabrication processes.

Fibre drawing is carried out in similar fashions. The fundamental process steps are:

- feeding the preforms into the drawing surface (either resistive, carbon, or inductive heating, zirkonia)
- pulling the fibre and controlling its diameter very accurately
- on-line coating with double-layer acrylates
- UV curing these acrylates

The most commonly used telecommunication fibres are 250 µm in diameter with a 125 µm silica portion.

Typical draw speeds at present range in the order of 3 to 10 m/s. The drawing process scheme is sketched in Fig. 5.

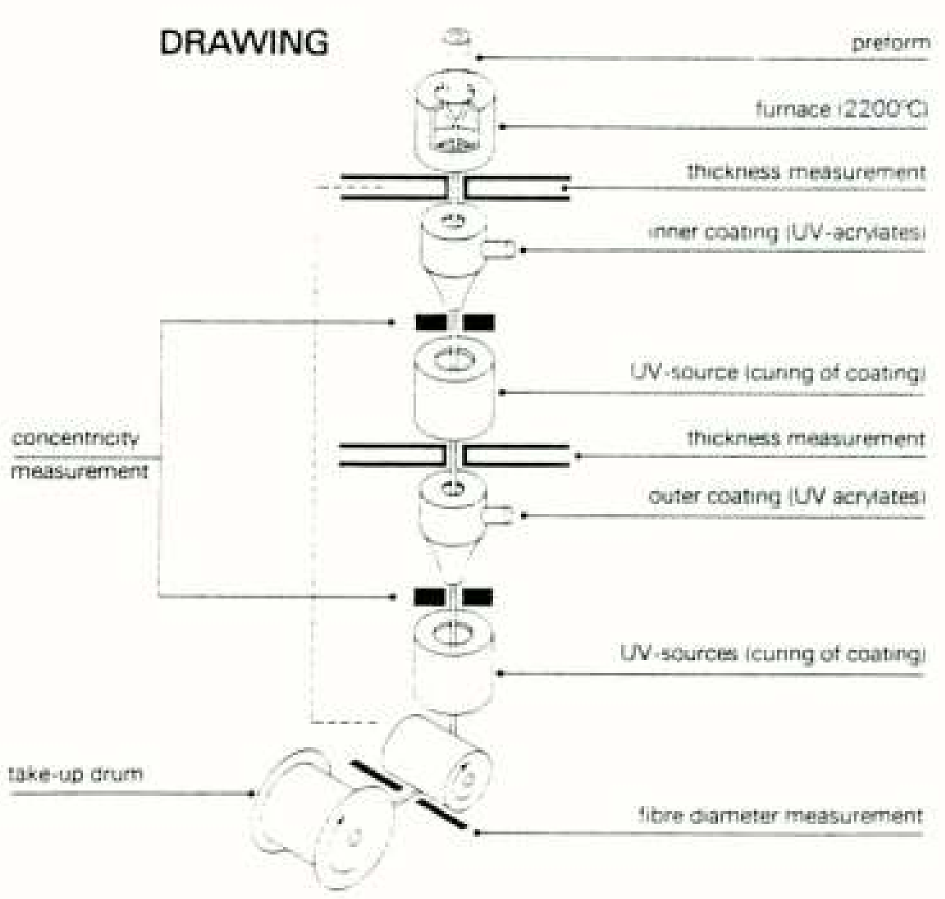


Fig. 5. Optical Fibre Drawing

2.1 The PCVD process

Because of its rather unique features, the PCVD process will be described below in some detail.

PCVD deposition

PCVD, as mentioned above, is a low-pressure process. Accordingly, the principal components of a PCVD lathe are: the gas supply system, the reactor and the exhaust pumping system. The reactor section has been detailed in Fig. 4.

The precursor gases, usually mixtures of $SiCl_4$ and O_2 with varying concentrations of C_2F_6 and $GeCl_4$, are mixed and fed into the quartz reactor tube and pre-heated to about 1150 to 1200°C, as the reactor tube is mounted within a stationary electrical furnace.

A 2,45 GHz microwave resonator which traverses along the reactor tube inside the furnace excites a non-isothermal plasma inside the tube.
The plasma, which follows the movement of the resonator, stimulates molecular reactions, and the deposition of the desired glass products on the inner surface of the reactor tube takes place.
The reactor tube is being slowly rotated while the resonator traverses back and forth.
Typical current productions conditions are (6):

- deposition rate : 1 g/min. on SiO_2 basis
- inner diameter of the reactor tube : 22mm^2
- resonator speed : 8 m/min.
- pressure regime : 10 Torr
- deposition length : 70 cm
- deposition thickness : 2.5 mm

These coarse data allow to estimate that a PCVD deposition is built up out of 2500 individual layers, approximately. Thus, each layer is no more than 1 µm thick.

The subsequent PCVD process steps are:

- Collapsing

The PCVD reactor tube with the PCVD deposit inside are collapsed into a compact glass rod. The process is carried out on a glass turning lathe with special gas control systems in order to protect the PCVD deposit. Up to now, a conventional H_2/O_2 burner is used as the collapsing tool. Only recently, a novel type of collaps burner has been developed by Philips. This is an atmospheric air plasma torch, which gives superior results (7).

- Rod-in-tube

The collapsed glass rod is mounted in a heavier quartz jacket tube by means of conventional glass technologies. This process step has been introduced in view of reducing the processing time during collapsing. The gap between the rod and the jacket tube is evacuated.

- Fibre drawing

The gap between rod and jacket tube closes during the fibre drawing, which occurs in a resistance furnace. The fibre is drawn to a diameter of 125 µm and, still on the draw tower, on-line coated with two layers of acrylate materials, which are photopolymerised.

The draw speed in PCVD fibre production exceeds 300 m/min. at present. One should realize that the transformation of preform length into fibre length runs up to a factor of 50.000, approximately.

The exact deriviation is as follows:

$$1 = \frac{L}{\pi/4 + (J + f.S) \;/\; (d^2 - (b + c)^2)}$$

where:

L : preform length

J : cross-section area of jacket tube

S : cross-section area of substrate tube

f : burn-off factor of substrate tube

l : fibre length

d : fibre diameter

b : cladding diameter in the fibre

c : core diameter in the fibre

The b and c areas are prepared during the PCVD process. It is obvious that the fibre drawing process is dependent on the most accurate means of process control, as well as on the reliability of the equipment.

The PCVD process as it is carried out at present, deposits over a length of 70 cm. The preform contains thus typically a volume that is good for more than 30 km's of fibres of 125 µm diameter.

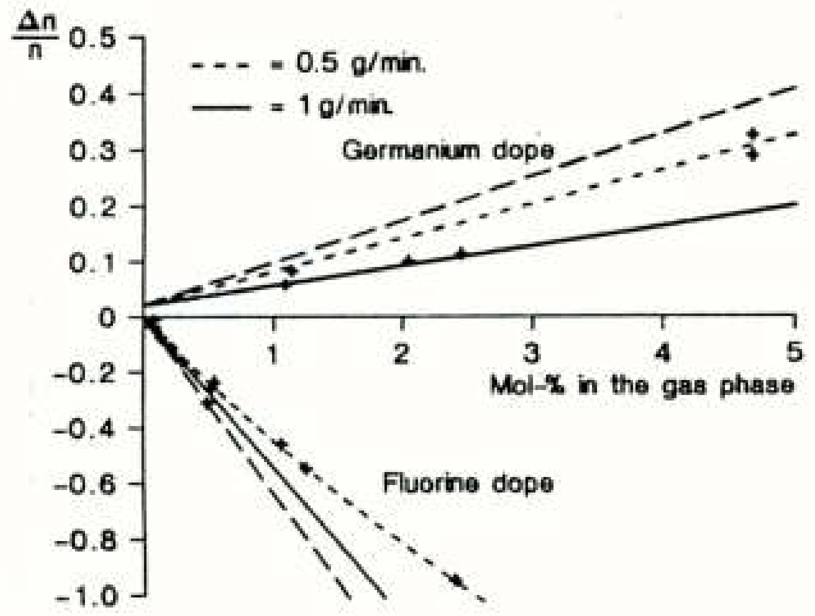


Fig. 6. Incorporation efficiency of PCVD dopants

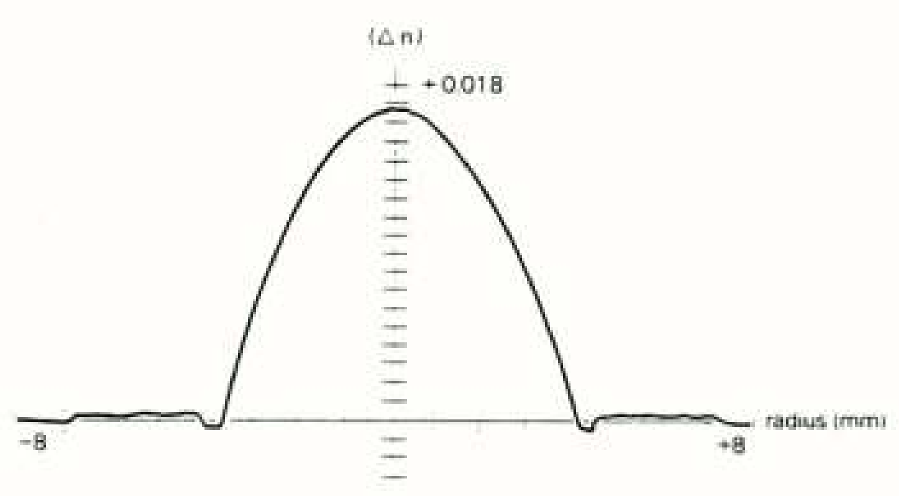


Fig. 7. Refractive index profile of graded-index multimode fibre preform (one-dimensional scan)



Fig. 8. Refractive index profile of graded-index multimode fibre (topographic)

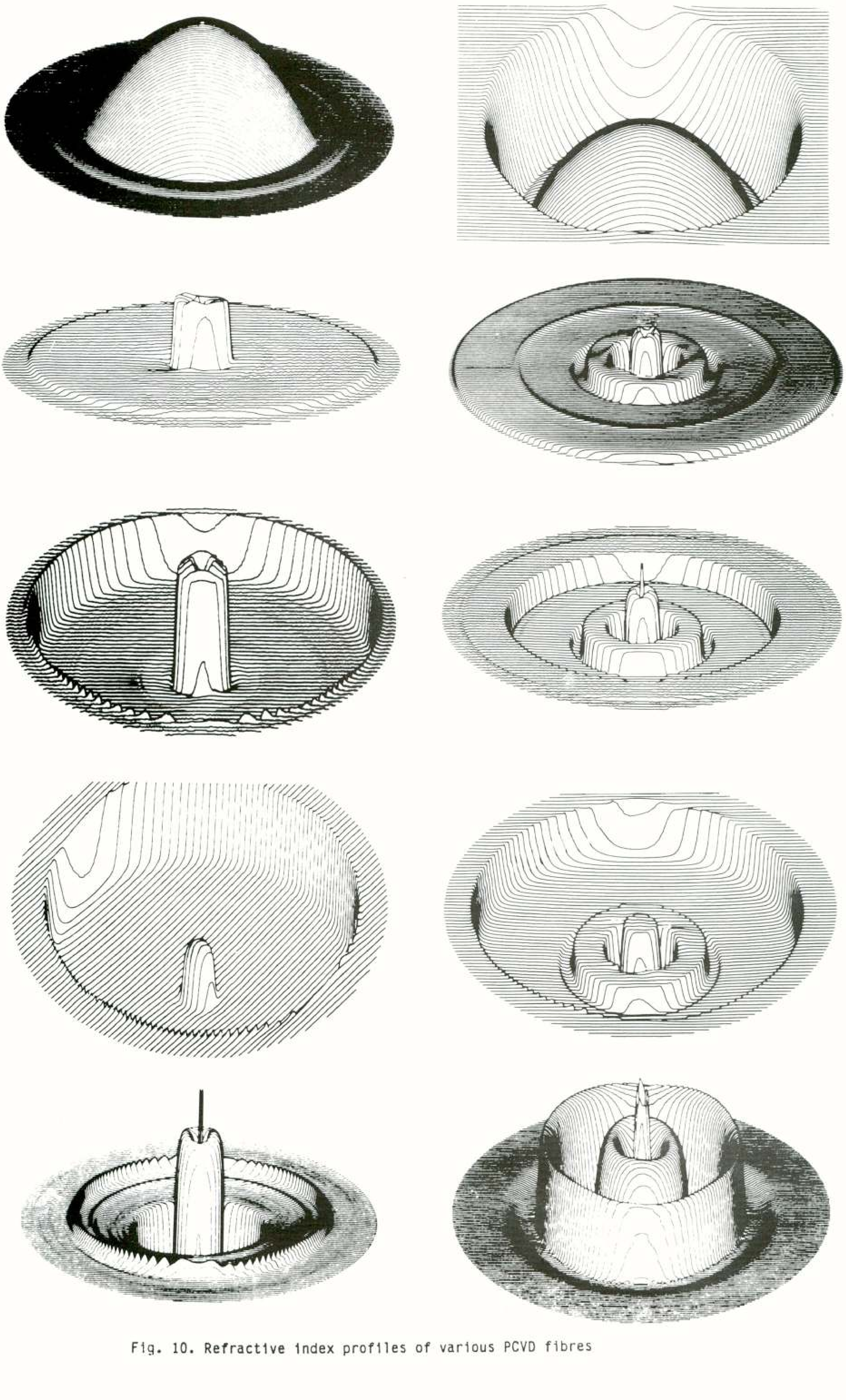


Fig. 10. Refractive index profiles of various PCVD fibres

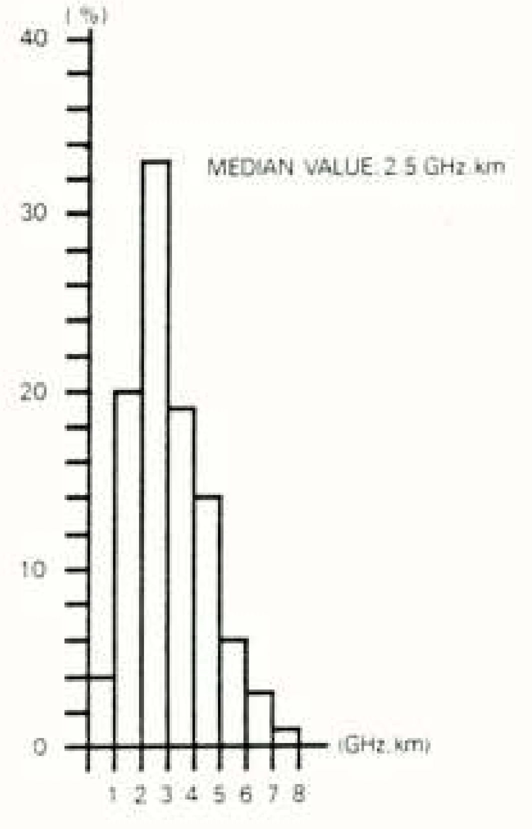


Fig. 9. Production statistics of bandwidth of graded-index multimode fibres

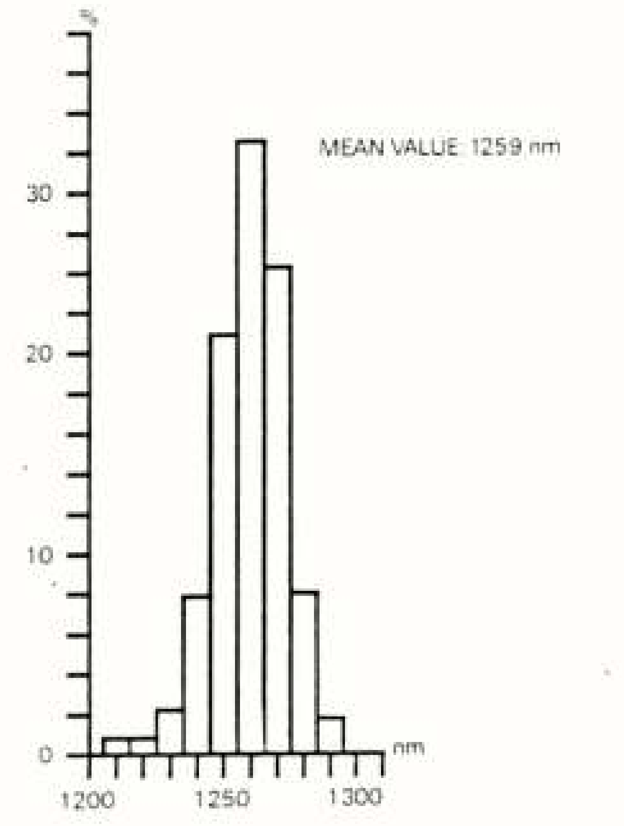


Fig. 11. Production statistics of cut-off wavelength of PCVD single-mode fibres

2.2 Control of refractive index of PCVD material. Fibre types

It was mentioned earlier that a typical PCVD position is built up from roughly 2500 individual layes, each 1 um thick. The process control is such that the glass composition per individual layer can be adjusted according to the desired refractive index profile.
The incorporation efficiences of the relevant dopants serve as a guidelineline. Fig. 6 gives an example. The refractive index differences which can be achieved are plotted against the molar concentrations of Ge and F dopants in the gas phase. The dotted lines represent 100% incorporation efficiency. Fig. 7 shows as an example the refractive index profile of a graded-index multimode preform.
It is obvious that the refractive index curve is very smooth and that the sub-structuring of the PCVD deposition can by no means be resolved. The same profile is shown in a topographical representation in Fig. 8.

The transmission bandwidth of the fibres which are drawn from PCVD preforms serves as a measure of perfection of the refractive index profile.
Fig. 9 gives the production statistics of the bandwidth at 1300 um of a large amount of fibres.
The average value of 3 MHz. km is exceptionally high as compared with other fabrication processes. Fig. 10 shows further examples of refractive index profiles which were prepared by the PCVD process. These are the dispersion flattened singlemode, the depressed-clad single-mode, and the pure silica core singlemode fibre preforms.

Again, the accuracy and the smoothness of the profiles appear to be most attractive. Fig. 11 gives an indication of the precision with which the sequential process steps are carried out.
The figure contains the production statistics of several thousand kilometers of fibre with the so-called cut-off wavelength being the criterion.
The cut-off wavelength of singlemode fibres is basically a function of the geometrical core diameter and the relative refractive index difference between fibre core and cladding, i.e.:

$$\lambda_c \sim c \cdot \sqrt{\Delta}$$

The target value of the cut-off wavelength in our production was 1260 nm.
The figure reveals that the mean value reached 1259 nm with a scatter of no more than ± 2%.

2.3 Mechanical properties of fibres

The PCVD material, and the fluorine doped material in particular, have interesting novel properties. For example, in Fig. 12, the density of the material as a function of its fluorine concentration is shown.
It seems remarkable that the density decreases with about 0,5% per weight-% of fluorine (8).
Another property which is of major relevance in fibre fabrication processes is the thermal expansivity of the materials (9-11). Fig. 13 collects the results of measurements in the 100-500°C regime. Astonishingly, fluorine doped PCVD quartz appears to have lower expansion coefficients than even pure quartz. Germanium doped materials have an expansion coefficient that increases proportional to the germanium concentration.
Accordingly, the mechanical stresses which arise between natural quartz as substrate and PCVD materials, are given in Fig. 14 as a function of the relative refractive index differences between natural quartz and these deposits.

It can be seen that germanium doped quartz exerts positive stresses in general whereas fluorine doped materials generate negative stresses up to concentrations which yield a 1% refractive index difference.
On the basis of this diagram, it is possible to calculate the stress profiles of optical fibres because the stresses are determined by the dopant concentrations only (10).

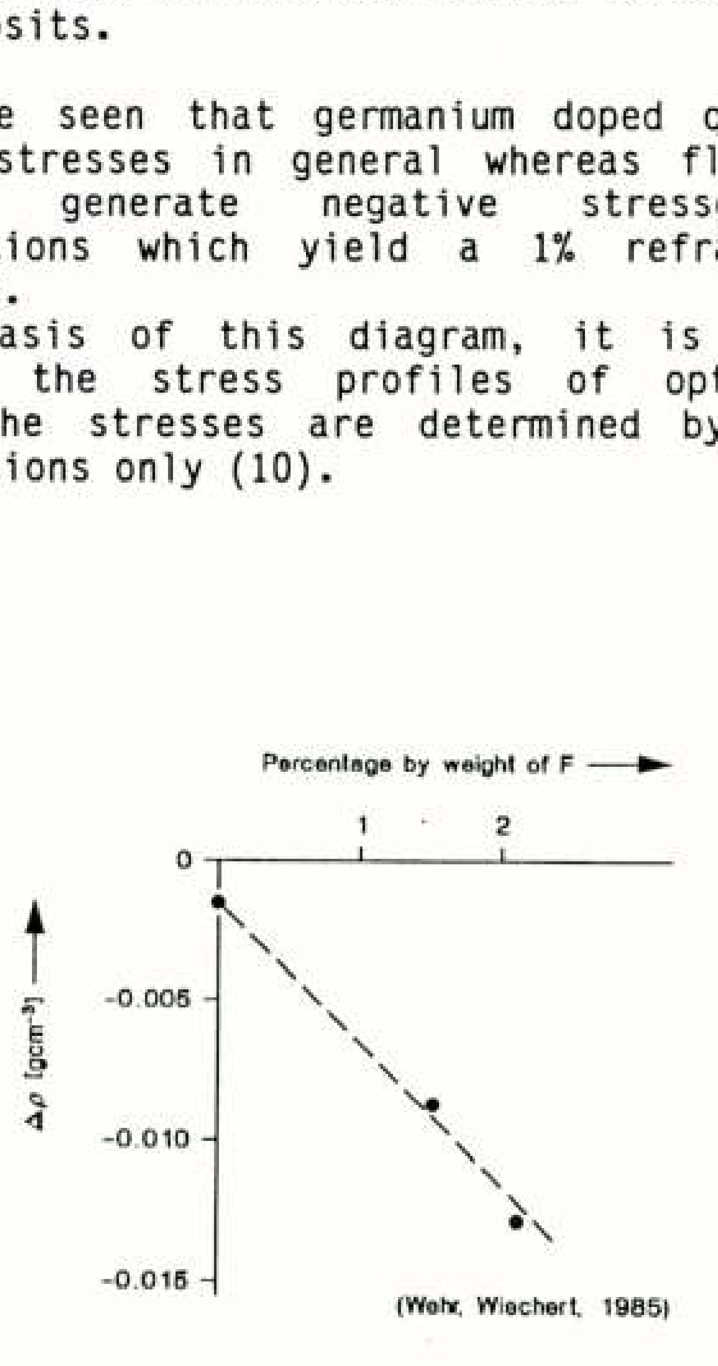


Fig. 12. Density of PCVD quartz as a function of fluorine concentration

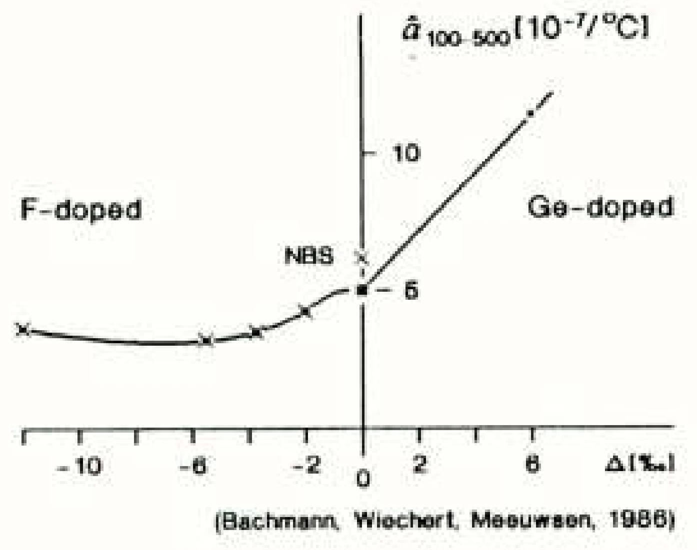


Fig. 13. Expansion coefficient of PCVD quartz as a function of refractive index difference (rel. to SiO_2)

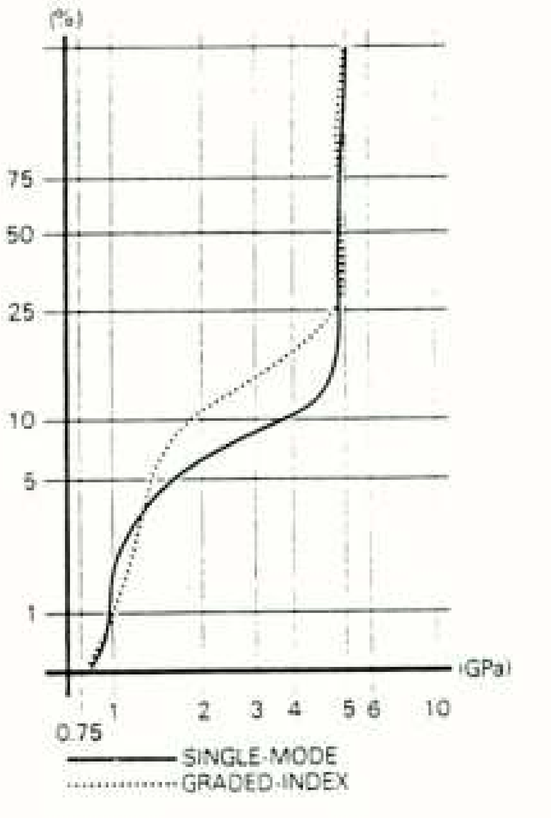


Fig. 15. Weybull statistics of PCVD fibres

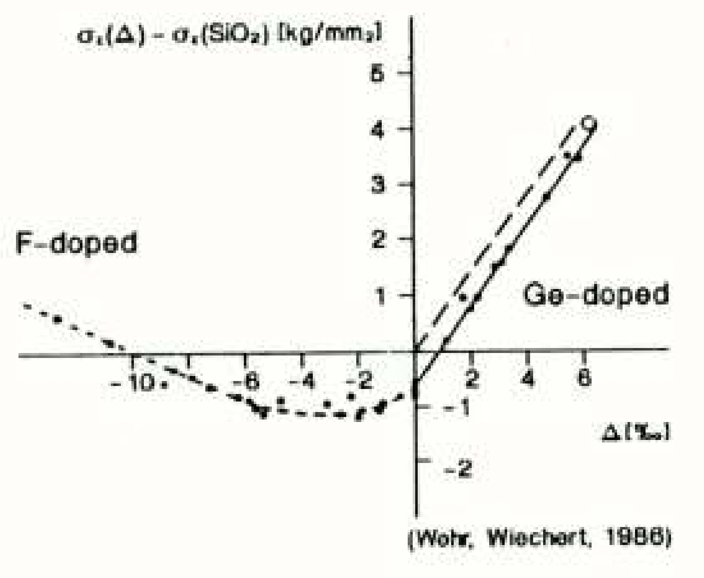


Fig. 14. Mechanical stresses in doped PCVD quartz as a function of refractive index difference (rel. to SiO_2)

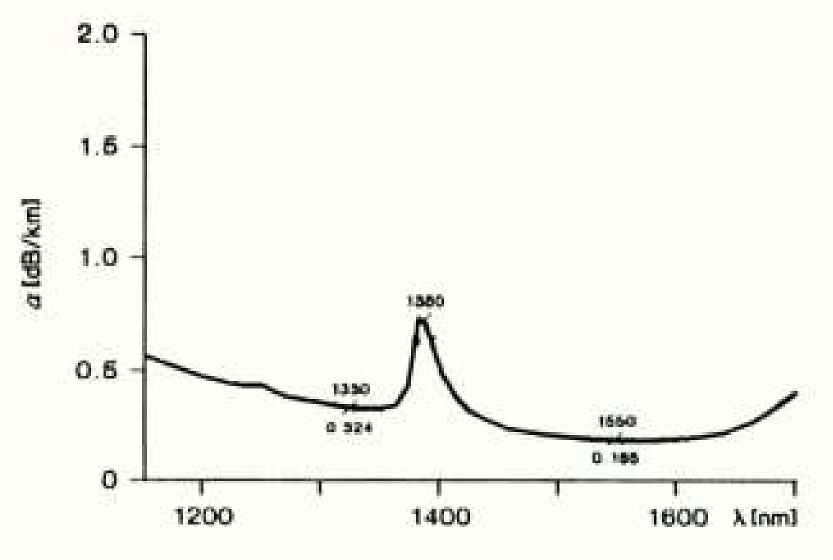


Fig. 16. Spectral attenuation of PCVD singlemode fibre

Of more practical/technical importance are the mechanical properties of PCVD material in their relationship with the mechanical strength of the fibres. After fabrication, every meter of fibre is run through a mechanical proof-tester which imposes a certain elongation force on the fibre.
This test has been introduced in order to guarantee levels of this force on the fibre during manufacture of the optical fibre cable and during installation of the cables.
Microscopic damages of the fibre material or microscopic enclosures of impurities particles would lead to the propagation of fissures at these places.

Fig. 15 shows the technical Weybull evaluation of the mechanical strength of PCVD fibres. It is a test that is carried out with relatively short pieces of fibre, in this case 25 m, and gives the probability of fissure at certain pulling force levels.
The force per cross-section area is expressed here as a pressure. The vertical asymphote indicates the intrinsic strength level of the material is of the order of 5 GPa (or 60 N in the case of 125 um fibres). It should bementioned have that the proof-test level which is usually demanded in optical fibre fabrication is of the order of 6 N which corresponds to a elongation of the fibres of 0,5%.

2.4 Chemical purity

Optical glass fibres are obviously designed for the transmission of light.
At present, they are most frequently used in the 1300 nm window. The transmission wavelength of the near future might shift to 1550 nm.

Fig. 16 indicates indeed that quartz has a minimum attenuation between the intrinsic UV and IR absorption right around 1500 um. Unfortunately, an overtone of the fundamental Si-OH vibration has its peak at 1385 nm.
It is thus very obvious that any contamination of the optical quartz with hydroxylic impurities will affect the transmission characteristics of the fibre.
To give an indication of how sensititive the system is: 1 ppm of OH groups in the quartz results in an excessive attenuation at 1385 nm of 40 dB/km.
The spectrum of Fig. 16 demonstrates that it is possible to fabricate PCVD fibres with attenuation values that do not exceed 1 dB/km in total which means that the OH concentration is no higher than 20 ppb, approximately.

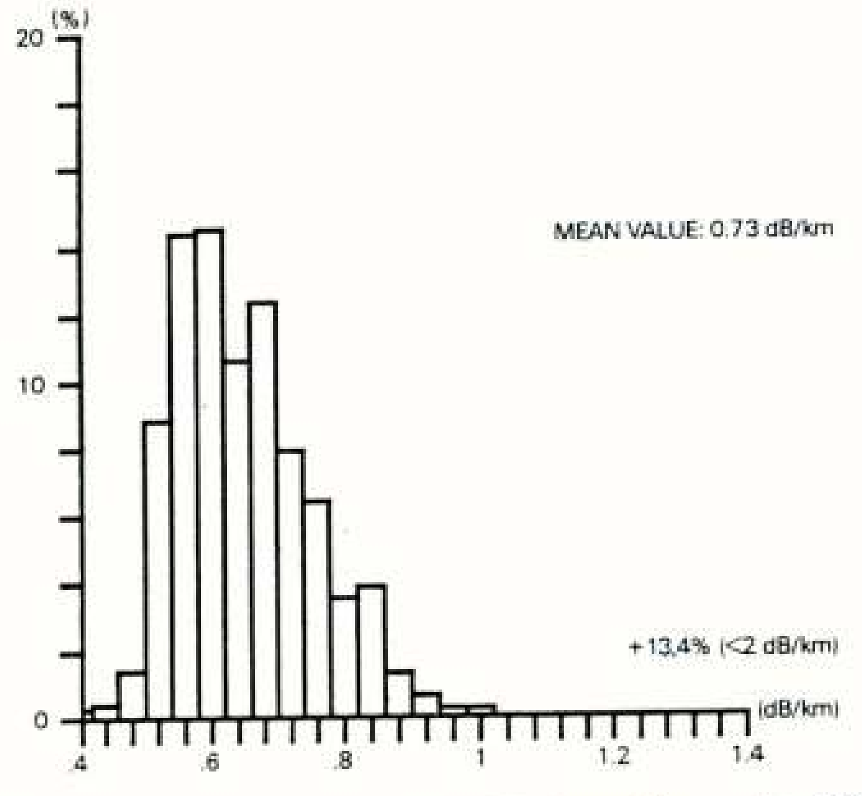


Fig. 17. Production statistics of the OH absorption peaks (1385 nm) of PCVD singlemode fibres.

Fig. 17 gives again an overview of PCVD production statistics of the attenuation characteristics at 1385 nm with a mean value of below 1 dB/km.

The reasons why such extremely low values of OH contamination in PCVD quartz can be achieved have to be sought in:

- Thorough quality control of the chemicals used ($SiCl_4$, O_2).
- Quality of equipment, i.e. the leak tightness of the PCVD and collapsing lathes, in particular.
- Knowledge of the chemical processes that are responsible for the incorporation of OH.

2.5 Optical fibre cables

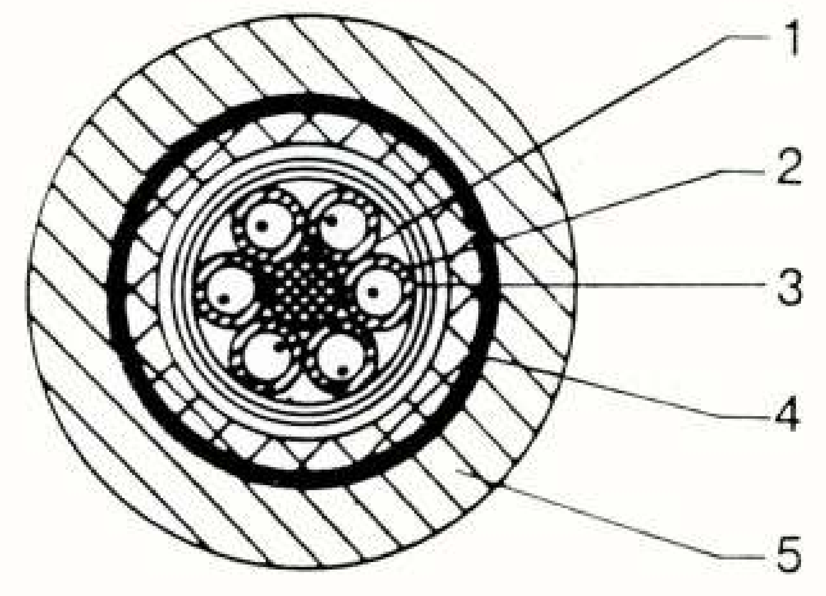
An optical fibre is only protected by a primary UV-curing acrylate coating. In order to obtain a robust optical cable the cable manufacturer applies a secundary coating around the optical fibre.
Initially, the transverse strain and tensile strength of the glass fibre must be improved for cable use. Therefore, a suitable surrounding coating of plasic is extruded around the optical fibre. Basically three types of secondary coating can be applied:

1. tight coating
2. loose tube (with or without a filling)
3. bundle tube (with or without a filling)

The objective of all fibre protective coverings is to protect the optical fibre mechanically, without affecting the optical characteristics like attenuation and bandwidth.
Depending on application one to over a hundred secondary coated fibre are stranded with a strength member in the centre. Materials commonly used for reinforcement strength members are:

- steel
- Kevlar
- carbon fibres
- textile fibres

The fibre bundle is than again surrounded by one or more sheaths, which is dependent on applications like submarine cables (water-blocked), indoor cables (flame resistant), outdoor cables for underground or duct laying, aerial cable for use in power lines in various voltage ranges, and special cable types.



A typical construction of a glass fibre cable is shown in Fig. 18.

Fig. 18: Typical cable construction consisting of:

1. strength member
2. optical fibre in loose tube coating
3. wrapping
4. wrapping consisting of of tension elements
5. laminated sheath

2.6 Optical fibre projects

Over the past ten years, millions of optical fibre kilometers have been installed in the world which makes it impossible to mention all optical fibre cable projects (14) individually.
However, to give an idea where these cables are used for, a few projects will be mentioned:

1. The world's first overhead optical fibre route, a C.A.T.V. link between the villages Aste and Beon in the French Pyrenees employs a six core PCVD fibre cable for the interference-free transmission of multi-channel FM radio and colour television.
2. In the Middle East, an optical fibre transmission link is used, instead of a proposed microwave system for telemetry and telecontrol of a 900 km oil pipeline with repeaterless distances of 60 km at 34 Mbit/s traffic density.
3. The combination of optical fibre and 20 kV submarine feeder cable was specified for two unmanned remotely-operated off-shore oil-platforms near the Baltic coast.
   Six graded-index fibres, integrated in the heavily armoured high voltage cable, are used for telemetry, telephony, data and video transmission.
4. In the United States, a coast-to-coast "optical fibre telephone conversation" was already achieved in 1987 (14).

5. The German PTT took its first optical fibre transmission route into operation in Berlin in 1978. Now, ten years later, the BIGFERN (Broadband Integrated Optical Fibre Network) route, which covers the complete Federal Republic of Germany, is almost completed.

6. A traffic and railway tunnel is under construction and will connect France to the United Kingdom. All telephone data transmission and video control will be transmitted over a few single-mode optical fibres.

7. Almost all countries in the world which need extension of their communication network include optical fibre cable in their 5 or 10 year plan. Good examples are the Peoples Republic of China, India, Brazil, Pakistan and Venezuela.

8. In november of 1988 an optical fibre link between USA and Europe will be ready for use. This optical fibre link will increase the total communication capacity by 30%. The total cost for this TAT-8 project is about \$ 375 x 10^6, which is considerably cheaper than constructing and launching a communication satellite. Optical fibre cables are far out superior than satellite connection concerning the transmission speed and accuracy. Because of low costs and high performance of optical fibre cables new Trans-Atlantic cables are planned: 16 for the next coming 5 years.

3 Outlook

In the time to come, the trends towards improving the fibre performance will certainly continue.
There will be influences in the area of transmission capacity, attenuation, and, of course, the price of the fibre. These expectations were recently expressed by R. Olskansky in a most significant statement (15): "By 2001 we can expect hermetically coated, dispersion-flattened fibres with no excess OH absorption at 1380 nm. That fibre is drawn from a 100 kg preform and costs only \$ 0.02/m".

References:

1. A.J. Morrow et al., in: Optical Fibres Communication, Vol 1 (Tinye Li, Ed.), 1985 p. 65.
2. N. Niizeki, ibid, p. 97.
3. S.R. Nagel, et al., ibid, p.1.
4. H. Lydtin, J. Lightwave Techn. Vol. LT-4, no. 8, 1034 (1986).
5. G. Kuyt, B.A.M. Teunissen, Philips TDS Review, 46 (1988) p.3.
6. P. Matthijsse, 2nd Int. Techn. Symp. Opt., Electro opt. Appl. Sci. Eng., Cannes, 1985, paper 584-03.
7. A. Breuls, et al., ECOC 1987, Techn. Dig. III, p.63.
8. H. Wehr, D. Wiechert, Mat. Res. Bull., 21 (1986), 559-566.
9. H. Takahashi, et al., Proc. ECOC 1986, paper MA-1.
10. P. Bachmann, et al., Appl. Opt., 25 (1986), 1093.
11. P. Bachmann, et al., ibid, 26 (1987), 1175.
12. P. Bachmann, et al., J. Lightwave Techn., Vol. LT-4 (1986), 813.
13. P.C. Schultz, J. Amer Cer. Soc., 57 (1974), 309.
14. C.D. Chaffee, The Rewiring of America, Boston, 1988.
15. R. Olskansky, Plenary Lecture, OFC '88, New Orleans, La, 1988.

Voordracht gehouden tijdens de 361e werkvergadering.

ONTWIKKELINGEN EN BEPERKINGEN BIJ RADIO EN TELEVISIE OMROEP

Ing. J.J. Bliek
HOOFDAFDELING OMROEP EN TELEVISIE
PTT TELECOM

This article describes broadcasting as a many-sided subject.
The scope of the 364th meeting of the NERG is limited to the developments and restrictions in the field of emission of broadcasting signals. Introduction of new developments in this field is often connected to non-technical factors such as political, social and economical factors.
Some examples illustrate the coherency.
An overall view of the developments in the past 25 years and in the near future is given with a special attention focused on the emission standard MAC for satellite broadcasting.

INLEIDING

Op deze 364ste vergadering van het NERG houden we ons bezig met het thema "Ontwikkelingen en beperkingen bij Radio en Televisie Omroep".
Deze titel vraagt om enige inkadering omdat het totale gebied van de Omroep zo veelzijdig is.
Het heeft ruwweg een programma kant ("de software") en een technische kant ("de hardware").
In technische zin laat het proces zich opdelen in de volgende drie gebieden:

- De produktie en registratie door audio- en videoproduktiebedrijven zoals het NOB.
- De transmissie van omroepsignalen van studio naar studio of van studio naar zenders door PTT Telecom.
- De distributie van omroepsignalen via kabel door kabelexploitanten en via de ether door de NOZEMA en lokale omroep organisaties.
- De ontvangst door de luisteraars en kijkers.

Vandaag beperken we ons tot ontwikkelingen en beperkingen met betrekking tot de distributie.
Het woord Omroep in de titel van het thema is hier dan ook synoniem met het distribueren van omroepsignalen via de ether.
Onder Radio is hier te verstaan de geluidsomroep.
Op alle genoemde deelgebieden vinden ontwikkelingen plaats soms onafhankelijk van elkaar met alle aanpassingsproblemen van dien, maar gelukkig ook gecoördineerd zoals bij de ontwikkeling van televisie met hoge defenitie (HDTV) in Europa.

Is men bij ontwikkelingen veelal beperkt door de natuurkundige wetmatigheid, bij de toepassing en introductie van nieuwe ontwikkelingen spelen andere soms beperkende factoren van meer maatschappelijke aard een rol (politiek en economisch).
Het hier aan de orde zijnde gebied kent ook z'n nationale en internationale regelgeving zoals:

- de Mediawet;
- de Wet op de Telecommunicatievoorzieningen;
- de Omroep/zenderwet;
- internationale verdragen, normen en aanbevelingen.

De maatschappelijke factoren dwingen vaak de ontwikkelingen in een bepaalde richting of omgekeerd, nieuwe ontwikkelingen vragen om maatschappelijke aanpassingen.
In dit proces is daardoor vaak sprake van beperkingen hetzij in kwantitatief hetzij in kwalitatief opzicht.
Enkele voorbeelden verduidelijken dit.

- Compatibiliteit (verenigbaarheid).
  Een compatibele toevoeging van kleur aan het zwart/wit tv-signaal, stereo aan het mono geluidsignaal en data aan omroepsignalen (teletekst en radiodata) was noodzakelijk om de bestaande service te handhaven, waarbij tegelijkertijd over dezelfde middelen de extra informatie wordt uitgezonden.
  Deze uit maatschappelijk oogpunt noodzakelijke systeemaanpassingen doen wel degelijk concessies aan de kwaliteit van het uit te zenden signaal.
  Daarentegen is door het publiek van deze extra toevoegingen gretig gebruik gemaakt en was het in economisch opzicht een succesvolle zaak in de jaren zestig.

- Spill-over

Zowel nationale als internationale regelgeving met betrekking tot omroep gaat uit van nationale verzorging.

De spill-over van de telecommunicatiesatellieten en van de omroepsatellieten hebben gewild of ongewild gezorgd voor internationale omroep.

Kabeldistributiesystemen hebben mede hun groei te danken aan deze grensoverschrijdende uitzendingen.

De maatschappij wordt ermee geconfronteerd en de politiek heeft zich eraan aan te passen.

- Compact-disc

De massale invoering van de compact-disc bij het publiek vraagt om in kwalitatief opzicht gelijkwaardige radio-omroep. Ontwikkelingen op het gebied van digitale radio omroep zijn hiermede een oorzaak van.

Voor satellietradio ten behoeve van individuele ontvangst in de huiskamer is het digitale radiosysteem (DSA) ontwikkeld, waarbij gebruik wordt gemaakt van een tv-satellietkanaal (27 MHz) in de 12 GHz band voor 16 stereoprogramma's. De invoering in Duitsland is dit jaar te verwachten.

In Europees verband wordt gewerkt aan een aardsysteem geschikt voor mobiele ontvangst (DAB-systeem).

Dit systeem komt in deze bijeenkomst nog uitvoerig aan de orde alsmede de beperkingen voor implementatie van een dergelijk systeem, gelet op de beschikbare ruimte in de ether.

- Data-casting (data-omroep)

Naast de voor het radio- of televisieprogramma benodigde signaal bieden alle omroepsystemen ruimte om gelijktijdig data-informatie te versturen.

Zolang dit toegankelijk is voor het algemene publiek heeft het een omroepachtig karakter, maar zodra het voor gesloten gebruikersgroepen wordt gebruikt, is er sprake van een tele-informatie dienst, gewoonlijk verzorgd via andere communicatiemiddelen.

Het gebruik van de omroepzendmiddelen voor dergelijke diensten heeft dan ook consequenties voor zowel de omroep als voor telecommunicatiebedrijven zoals PTT Telecom.

Er ligt hier dus een maatschappelijk probleem met juridische kanten maar ook met een economische kant.

- Korte golfomroep

Internationale omroep vindt sinds vele jaren plaats via de korte golf (6-30 MHz).

Korte golf wordt daarom nogal eens voor politieke doelen gebruikt. Door de enorme groei is het een schaars medium geworden.

Internationale afspraken over een verdeling van de schaarse banden is dan ook steeds mislukt.

De laatste Wereld Administratieve Radio Conferentie (WARC HF-BC) is stuk gelopen op zowel de Oost-West politiek als de Noord-Zuid politiek.

In technisch opzicht heeft de conferentie heel veel waardevolle kennis met betrekking tot het fenomeen korte golf omroep opgeleverd.

Maatschappelijk gezien is het eigenlijk onaanvaardbaar dat een door de natuurwetten gegeven medium, als enige in staat om via de draadloze weg radioprogramma's rondom de wereld uit te zenden, niet voor iedereen in gelijke mate beschikbaar is.

- Elektromagnetische compatibiliteit (EMC)

Het toenemend gebruik van het radiospectrum leidt tot toenemende kansen op onderlinge verstoring van diensten.

Een onderwerp dat in NERG verband meerdere malen aan de orde is geweest.

Vandaag besteden we aandacht aan de verenigbaarheid van het levende organisme met omroepzendstations waar hoge elektromagnetische velden worden opgewekt.

Er is sprake van een toenemende aandacht wereldwijd voor dit probleem en tegelijkertijd van een achtergebleven nationale regelgeving op dit gebied.

Uitgaande van normen gehanteerd in het buitenland zullen we de mogelijke gevaren die kunnen optreden, bij de omroepzendstations o.a. die in Flevoland bekijken.

Niet uitgesloten is dat dit in de toekomst bij steeds strengere regelgeving met betrekking tot deze EM-straling gevolgen heeft voor de bedrijfsvoering van dergelijke stations. Beperkingen zijn dan niet uitgesloten.

Ten slotte een laatste voorbeeld van de technische en maatschappelijke verwevenheid.

- Hoge definitie televisie (HDTV)

  De standaardisatie van dit technisch gecompliceerde systeem dat moet leiden tot televisiebeelden met de kwaliteit van de bioscoopfilm, is internationaal zo'n politiek item geworden dat de regeringsleiders van geïndustrialiseerde landen er zich mee bezighouden.

  Hier geldt de slogan "Wie de standaard heeft, heeft de markt".

  Europa is z'n achterstand op Japan aan het inlopen in een gezamenlijke activiteit binnen de Europese Gemeenschap.

Vandaag horen we hier meer van wanneer het project Eureka 95 aan de orde komt.
HDTV is een ontwikkeling die het hele omroepproces omvat en in Europa van de goede kant wordt gestart nl. vanaf de ontvanger, dat wil zeggen opwaarts compatibel, waarbij rekening wordt gehouden met het thans in bedrijf gaande systeem voor satelliettelevisie, het MAC-systeem.
Op dit gebied is tot op heden nog geen ontwikkeling bekend die zo'n groot technisch en maatschappelijk effect heeft als de HDTV.
Het laatste woord zal dan ook vandaag hierover niet gesproken zijn.

ONTWIKKELINGEN

Bekijken we wat de laatste 25 jaar aan ontwikkelingen hebben plaatsgevonden, dan is dat in kwalitatief opzicht beperkt gebleven tot de kleuren tv, de stereofonie bij radio en televisiegeluid en de teletekst.
In kwantitatief opzicht heeft er een geweldige groei plaatsgevonden in het aanbod van programma's.
Nationaal zijn we uitgegroeid tot:

- 3 landelijke televisienetten
- 3 landelijke FM-netten
- 1 regionaal FM-net
- vele lokale FM-zenders
- 3 landelijke middengolfnetten.

Dankzij de sterke groei van de kabeltelevisie tot ruim 70%, zijn velen instaat om naar 15 of meer televisieprogramma's te kijken, grotendeels opgevangen van buitenlandse aardse zenders of telecommunicatiesatellieten.
Het aanbod groeit nog gestaag.
Tot op heden kregen we steeds meer van hetzelfde ook in kwalitatief opzicht.
Als er dan nog sprake is van kwaliteitsverbetering dan zijn dat geen fundamentele systeemverbeteringen, maar incidentele verbeteringen in de hardware ten gevolge van de transistorisering, de geïntegreerde schakelingen en de digitale eilanden in het voor omroep nog steeds bestaande analoge proces.
Dit alles heeft in het distributiegebeuren geleid tot grotere betrouwbaarheid van de apparatuur en vooral voor grote zenders, verbetering van het rendement.
De digitalisering vinden we op vele plaatsen in de studio-apparatuur en consumentenapparatuur voor speciale effecten, opslag etc. of om het met de woorden van prof. Geluk te zeggen "als "omweg" voor talrijke speelse mogelijkheden".
Verwacht mag worden dat deze ontwikkeling zich nog verder zal doorzetten.
Zij zullen leiden tot kwaliteitsverbeteringen in bestaande emissiesystemen die worden aangeduid met afkortingen als IDTV of EDTV (improved, extended or enhanced definition television).
Een verbeterde PAL wordt aangeduid met Q PAL. Via kunstgrepen, waarbij gebruik wordt gemaakt van de digitale omweg, worden de nadelige effecten als flikker, echo's en overspraak in kleur (cross-colour) deels opgeheven.
Omdat de oude systemen nog vele jaren blijven bestaan, zijn dit ook zinvolle ontwikkelingen.
Inmiddels brengt de micro-elektronica componenten op de markt die in massaproduktie betaalbaar zijn ook in de consumentenapparatuur.
Het gaat hier om chips en maatwerkchips zoals snelle processoren voor tientallen miljoenen bewerkingen per seconde, omvangrijke geheugens voor tientallen miljoenen bits en nauwkeurige en snelle AD- en DA-omzetters.
Het is deze ontwikkeling die het ook mogelijk maakt fundamentele nieuwe wegen in te slaan.

KORTE EN MIDDELLANGE TERMIJN VERWACHTING

Wat kunnen we op korte termijn verwachten met betrekking tot de distributie via de ether van radio en televisie naast allerlei incidentele verbeteringen en speciale features in de huiskamerapparatuur?

- Een toename van data-informatie zowel bij radio als televisie.
  Bij radio zal in 1989 en volgend, gestart worden met het radio datasysteem (RDS) via alle landelijke en regionale FM-zenders. De servicemogelijkheden worden in tabel 1 gegeven.
  Een aantal mogelijkheden, waarvoor nieuwe ontvangers ontwikkeld worden (eerst in de autoradio) worden op korte termijn ingevoerd. Een aantal nieuwe mogelijkheden kunnen in de nog ongedefinieerde groepen worden ondergebracht zoals radioverkeersinformatie (RVI).

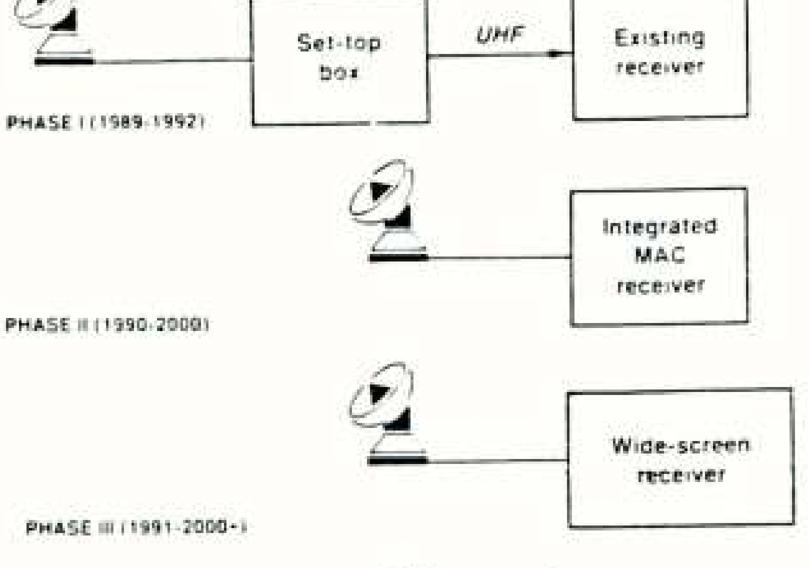
Type	Toepassing van RDS
0	Afstem- en schakelinformatie
1	Gegevens van programma's
2	Radiotekst
3	Informatie over andere radionetwerken
4	Datum en tijd informatie
5	Transparant data-kanaal
6	Huishoudelijke informatie
7-14	Nog niet gedefinieerd

Tabel 1.

Verkeersinformatie via RDS is een ontwikkeling in een gezamenlijke samenwerking tussen Rijkswaterstaat, Philips, NOS en PTT Telecom.
Gebruik wordt gemaakt van een geheugen in de ontvanger waar gestandaardiseerde informatie is opgeslagen, die via de radio data wordt vrijgegeven en samengesteld tot actuele verkeersberichten hoorbaar gemaakt via de spraaksynthesyzer in de luidspreker.

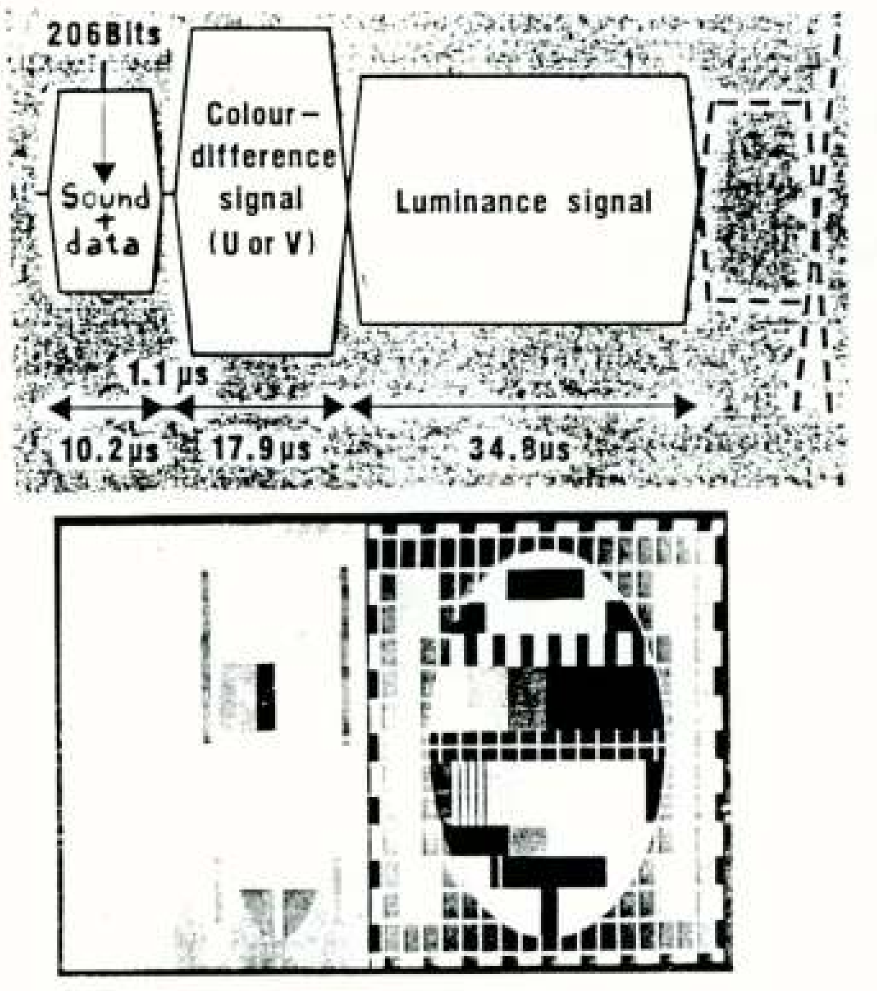
- Op korte termijn is geen wezenlijke kwaliteitsverbetering te verwachten bij de aardse radio, integendeel, ook congestie in de FM-band neemt toe en daarmede de onderlinge storing.
  De hoop is gericht op de digitale radio via de satelliet, voorlopig alleen door Duitsland, en pas op lange termijn de digitale radio via aardse zenders (DAB), een technisch hoogstandje voor wat betreft de kanaal codering en de bitrate reductie.
  Zie hiervoor de bijdrage van de heer Nederlof.

Bij televisie zal in kwantitatief opzicht nog een verdere ontwikkeling zijn.
Via de omroepsatellieten van groot vermogen (TDF 1 van Frankrijk en TV SAT2 van Duitsland) en de satellieten met middelgroot vermogen (Astra nu en Europesat in de toekomst) zal het programma-aanbod sterk groeien.
Voor Nederland is de satelliet ook de enige mogelijkheid voor nog meer nationale tv-netten.
De kosten zijn, voor een klein land als Nederland, echter zeer veel hoger dan van een aardsnet met 7 zenders, nodig om heel ons land te voorzien.
Via de satelliet zal naast PAL-signalen een nieuw emissiesysteem met in tijd gemultiplexte beeldcomponenten (MAC = Multiplexed Analogue Components) worden uitgezonden met digitale audio-kanalen.
De bandbreedte van deze afzonderlijke signalen passen in het 27 MHz kanaal van de satelliet.
De uitzendingen in dit systeem starten in 1989.
Het nieuwe systeem is niet compatibel met PAL een conversie unit (set-top box) is hiervoor nodig.
Binnen enkele jaren zal de echte MAC ontvanger op de markt zijn met een breder en verbeterd beeldscherm met een formaat van 16:9 in plaats van het huidige beeldformaat 4:3. zie figuur 1



figuur 1

Figuur 2 geeft het basissignaal weer voor D-MAC.



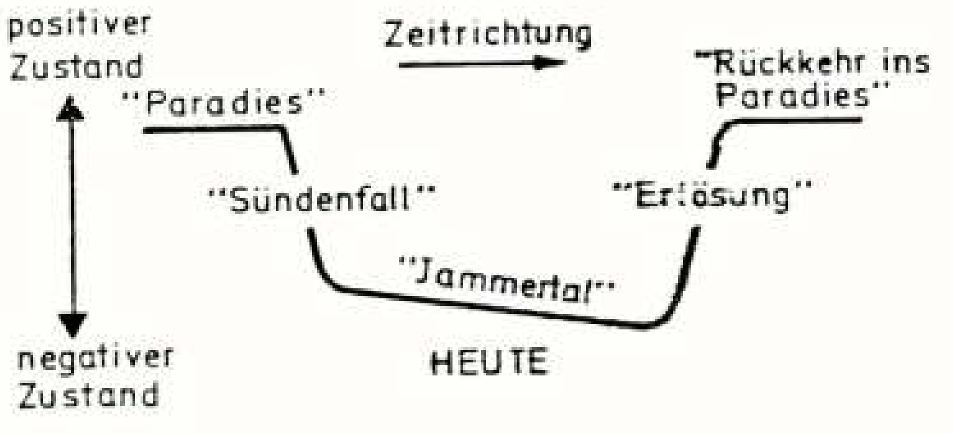
Figuur 2.

Omdat er sprake is van tijd multiplexing in plaats van bij PAL frequentie multiplexing van de beeldcomponenten en het geluid, zijn er een groot aantal kwaliteitsverbeteringen te verwachten.
De voordelen ten opzichte van de huidige systemen zijn:

- een beter spectrum en uitsturingsgebruik;
- hogere definitie van helderheid en kleur;
- geen cross-colour en cross-luminance;
- geen intermodulatieprodukten tussen geluid en beeldcomponenten;
- een waterdichte "scrambling" mogelijkheid;
- grotere datacapaciteit;
- hogere geluidskwaliteit (CD-kwaliteit);
- meerdere geluidskanalen (4 stuks voor D2);
- minder ruis in het kleurensignaal;
- mogelijkheden voor uitzenden van andere aspect-ratio's zoals 16:9;
- basis voor verdere verbetering en voor uitzenden van hoge definitie televisie (HD MAC);
- gestandaardiseerd in Europa.

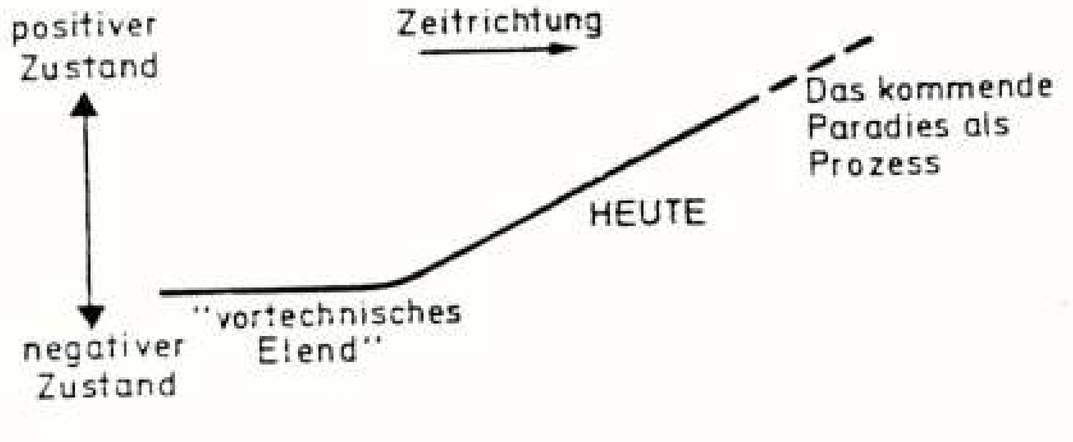
Binnen het Eureka 95 project wordt de HD MAC ontwikkeld, zowel dit uitzendsysteem als de produktiemiddelen, ontvangers en registratie-apparatuur.
De beperkingen liggen weer in de beschikbare etherruimte.
HDTV-signalen vergen grote bandbreedtes.
Maximale aandacht verdient dan ook de ontwikkeling van steeds vernuftiger bit-rate reductiemethoden.
Een belangrijke sleutel hiertoe is om bij informatie die op ons afkomt na te gaan wat essentieel is en wat redundant of niet relevant voor de perceptie, daarbij rekening houdend met de beperkingen van onze oren en ogen.

Via deze technieken komt het zover dat bij wijze van spreken "de kameel toch door het oog van de naald gaat".
We staan op de drempel van een zich snel veranderende maatschappij ook voor wat betreft de omroep.
Waar we vandaan komen weten we, waar we heen gaan, daar zijn de meningen over verdeeld.
In het maandblad "Fernmelde Praxis" nr. 19/88 stonden schematisch twee mogelijkheden. Zie figuren 3 en 4.



Het regressieve wereldbeeld

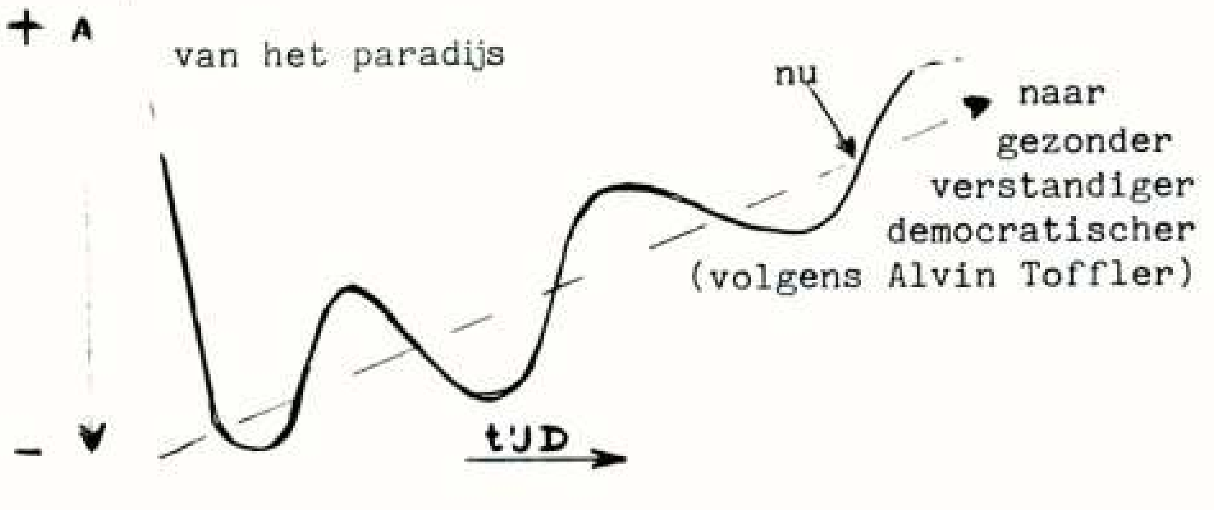
Figuur 3



Het progressieve wereldbeeld

Figuur 4

De werkelijkheid zal wel in het midden liggen en zich afhankelijk van de tijd, in een positieve of negatieve richting ontwikkelen.
Ik houd het er op, dat we ons voor wat betreft het vakgebied telecommunicatie in een uitdagende en zich positief ontwikkelende tijd bevinden. Zie figuur 5.



Het progressieve wereldbeeld met regressies

Figuur 5.

Hoe het met "de software" is gesteld, laat ik graag aan ieders persoonlijke oordeel over.

Voordracht gehouden tijdens de 364e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(363ste werkvergadering)

UITNODIGING

voor een werkbezoek op **woensdag 9 november 1988** aan het **European Space Research and Technology centre, Keplerlaan 1, Noordwijk.**

PROGRAMMA

13.45 uur Melden bij ingang centrum.

14.00 uur Na een introductie volgt een rondleiding langs:

- Environmental Test Facilities;
- Antenne Test Range;
- EMC Facility;
- Crew Work Station.

17.30 uur Afsluiting.

Aanmelding voor het werkbezoek dient te geschieden vóór 20 oktober 1988 door middel van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een postzegel van **55 cent**. Het **aantal** deelnemers is **beperkt** tot **20**. Tijdstip van ontvangst van de aanmelding is beslissend voor deelname. Deelnemers krijgen een schriftelijke bevestiging.

Namens het NERG bestuur,
DR. IR. A. J. VINCK,
Programma commissaris,
Tel. 040 - 473672.

Eindhoven, september 1988.

DIGITAL AUDIO BROADCAST (DAB)

Ir. D. Nederlof
Nederlandse Philips Bedrijven , Eindhoven

Digital Audio Broadcasting (DAB), Eureka 147. After the digitalization of sound on carriers like CD and R-DAT, it is only logical to realize this for broadcasting as well. As a matter of fact digital audio is already practised in satellite broadcast and for sound in terrestrial transmission of TV in England. However, those modulation methods are not intended for mobile reception with the inherent reflections. In the DAB project new methods are developed to solve these problems and to reduce the required bandwidth by rigorous bit rate reduction.

Inleiding

Het publiek raakt langzamerhand gewend aan de hoge geluidskwaliteit van de CD speler. Deze is een gevolg van het feit dat na bemonstering en kwantisering van een ruisvrij studiosignaal er geen ruis meer toegevoegd wordt door het overdrachtssysteem. Het uiteindelijke ruisniveau wordt uitsluitend bepaald door het aantal kwantiseringsstappen en de kwaliteit van de digitaal-analoog omzetter met versterker. Bij de Compact Disc heeft men gekozen voor een kwantisering van 16 bit per monster hetgeen een signaalruis-verhouding bij vol signaal oplevert van meer dan 90 dB. DA-omzetter en versterker kunnen zo gemaakt worden dat dit niet aangetast wordt.

Wanneer het overdrachtssysteem van slechte kwaliteit is kunnen tikken en zelfs onderbrekingen gaan optreden. Ook daarbij benut men de voordelen van het digitale signaal. Door blokken van audio monsters aan te vullen met controle bits kan men aan de weergavekant door evaluatie hiervan fouten herstellen.

Een derde voordeel is dat er in het digitale traject geen overspraak meer is tussen linker en rechter kanaal. Bij FM ontvangst bedraagt de scheiding vaak niet meer dan 35 dB.

Normale analoge FM is zoals bekend zeer gevoelig voor zogenaamde meerwegontvangst, veroorzaakt door reflecties. Het resultaat na detectie is audio vervorming. Vooral bij mobiele ontvangst treedt dit op. Het is gemakkelijk in te zien dat bij gebruik van digitale signalen de bits goed detecteerbaar blijven mits de bit-tijdsduur langer is dan de grootste looptijd verschillen. Er moet dus een modulatiemethode gevonden worden die hieraan voldoet.

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat digitale audio omroep aantrekkelijk is. Een probleem is echter het verkrijgen van voldoende bandbreedte om uit te zenden. Digitalisering van signalen leidt bovendien doorgaans tot aanzienlijke toename van bandbreedte.
Ter illustratie :
Een CD-stereosignaal met 44.1 kHz bemonsteringssnelheid en 16 bits per monster geeft een bitsnelheid van ca 1.4 Mbit/sec (44.1x1000x16x2). Met toevoeging van 50% controlebits wordt dit 2.1 Mbit/sec. Bij toepassing van een gebruikelijke modulatiemethode als 4PSK (4 Phase Shift Keying) is hiervoor een bandbreedte van ca 1.4 MHz nodig, dat wil zeggen ongeveer vijf maal zoveel als bij FM !

Om kans te maken op invoering zal een digitaal systeem voor aardse omroep dus aan twee eisen moeten voldoen :

- Drastische bitsnelheidsreductie (minstens een factor vier)
- Ongevoeligheid voor reflecties bij ontvangst.

Het DAB projekt

In 1986 is een Europees projekt van start gegaan (Eureka 147) om een dergelijk systeem te definieren en te beproeven. De partners hierin zijn :

DFVLR (Deutsche Forschungs- und Vesuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt) (projektleiding)
DBP (Deutsche Bundes Post)
AEG
Blaupunkt
CCETT (Frans PTT- en omroeplaboratorium)
Grundig
Intermetall
IRT (Institut für Rundfunk Technik)
TU Hannover
Philips
Thomson
BBC
FHG (Fraunhofer Gesellschaft)

Het projekt loopt van 1987 t/m 1991. Nadat in 1987 verschillende systemen op haalbaarheid waren bestudeerd en vergeleken, voornamelijk door software simulaties, is September 1988 in Genève een eerste demonstratie gegeven met voorlopig gekozen realisaties voor modulatie en bit-snelheids reductie. De resultaten waren zo positief dat in 1989 een aantal van deze apparaten gemaakt zal worden voor studie en verdere optimalisering door de diverse partners. Men verwacht in 1990 een standaard voor te kunnen stellen bij het CCIR.

<u>Wensspecifikatie</u>

Audiokwaliteit : Niet hoorbaar te onderscheiden van CD, echter wordt terwille van de bandbreedte genoegen genomen met een hoogste audio frequentie van 15 kHz. De bemonsteringssnelheid wordt dan 32 kHz (met een optie voor 48 kHz).

Bitsnelheid : Voor een mono-kanaal ca 128 kbit/s.

Aantal programma's: 16 stereoprogramma's in een band van ongeveer 7 MHz (een TV kanaal).

Storingen : Bij mobiele ontvangst geen vervorming en zeer zelden onderbrekingen.

<u>Audiocodering met bitsnelheidsreductie</u>

Als uitgangspunt wordt normale pulscodemodulatie toegepast, waarbij elk monster met 16 bit wordt gekwantiseerd. Om nu tot de gewenste bitreductie te komen kunnen we gebruik maken van de in het geluid aanwezige

Redundantie en Irrelevantie.

Redundant zijn bijvoorbeeld niet veranderende of voorspelbare gedeelten (pauzes, aangehouden tonen enz.)
Irrelevant is alles wat door het gehoor niet wordt waargenomen.
Hoewel bij huidige audio-bitreductiesystemen voornamelijk gebruik gemaakt wordt van de redundantie bleek dit bij HIFI geluid weinig resultaat op te leveren. Er zijn namelijk passages met zeer weinig redundantie.
Het gebruik maken van de eigenschappen van het gehoor daarentegen bleek zeer effectief te zijn [1]. De irrelevantie ontstaat doordat sterkere tonen in grote mate andere geluiden naast zich in het spectrum maskeren.
Figuur 1 geeft als voorbeeld het maskerende effekt van drie sinustonen, namelijk 250 Hz, 1.1 kHz en 4 kHz.
De onderste doorgetrokken lijn geeft de gehoordrempel.
De tonen hebben een sterkte van 60 dB SPL (Sound Pressure Level). De gebieden die gemaskeerd worden zijn onder de tonen aangegeven. Dat wil zeggen dat alles onder deze lijnen niet door de zender overgedragen behoeft te worden. Speciaal in een klein gebiedje om een spectraallijn heen is de maskering extreem groot. Deze zogenaamde "critical band" is ongeveer een terts groot.

Men kan nu optimaal gebruik maken van deze eigenschap door het audiospectrum op te delen in subbandjes. Figuur 2 geeft een practisch voorbeeld van realisatie. Hierbij is de audioband van 16 kHz opgedeeld in 24 subbandjes. Met behulp van een digitaal filter werden 16 bandjes van 0.5 kHz en 8 bandjes van 1 kHz verkregen.

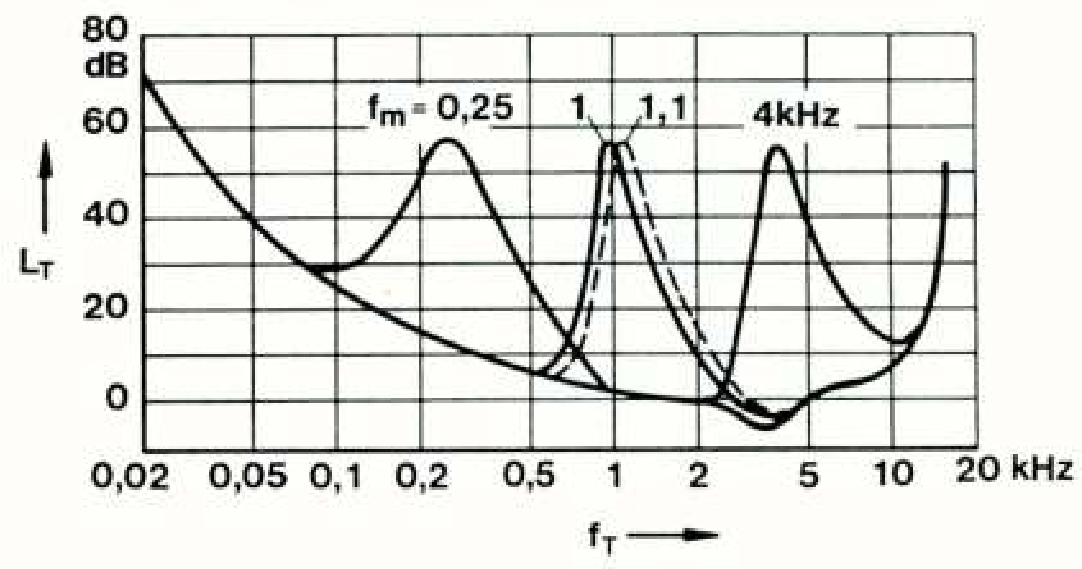


Fig. 1 : Maskering door enkele tonen

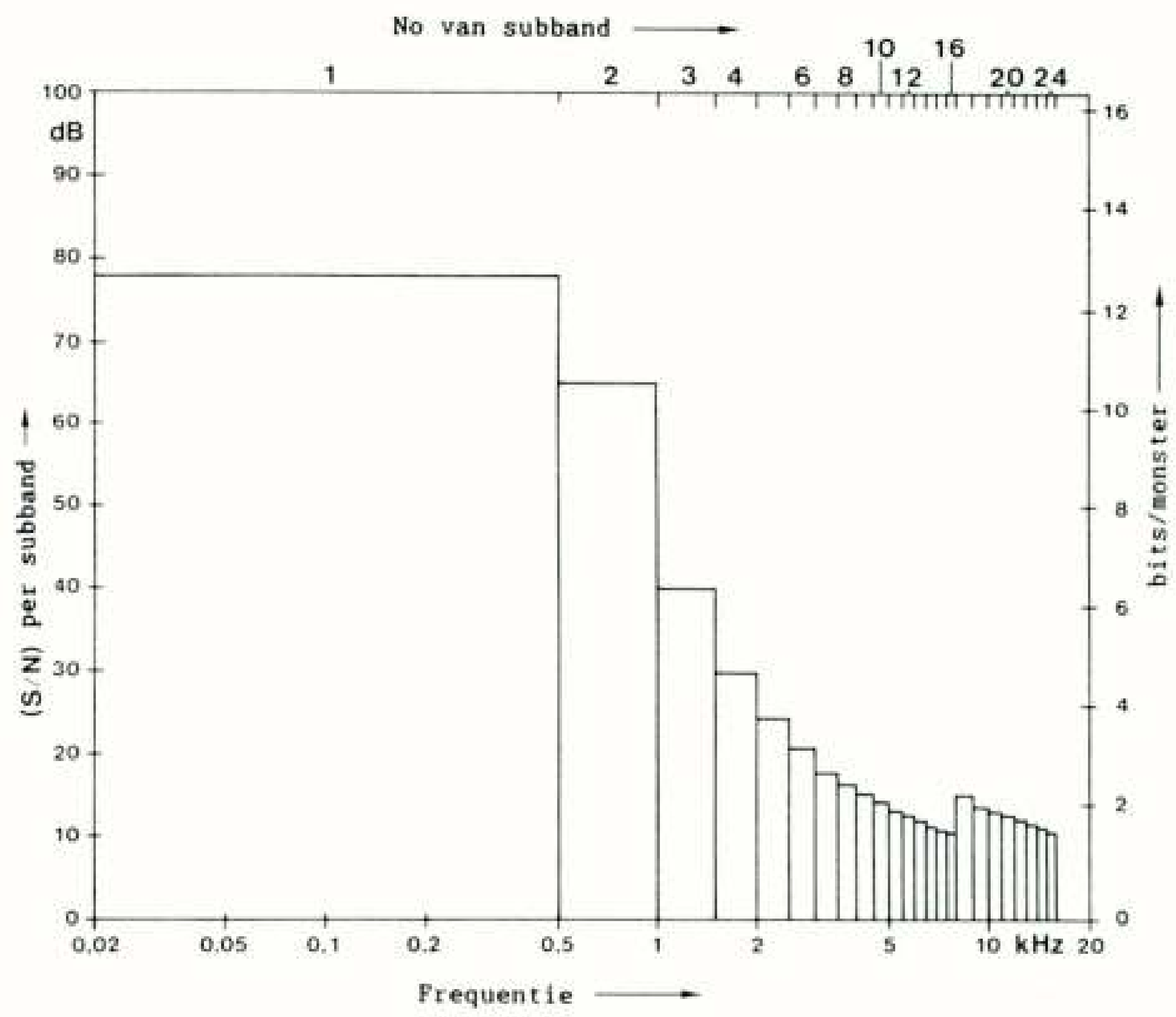


Fig. 2 : Overzicht van subbanden met kwantisering

In Fig 2 is links aangegeven wat de minimale signaal-ruisverhouding moet zijn binnen een subband. (Dit is berekend uit een groot aantal gemeten maskerings krommen). Rechts is aangegeven wat dit betekent voor de kwantisering. Het blijkt dat men in de meeste banden genoeg heeft aan 2 bit per monster in plaats van 16 ! Wanneer men het over alle banden berekent dan komt men op een gemiddelde kwantisering van <u>3.37 bit per monster</u>.

De winst in benodigde bitsnelheid is dus een factor 16/3.37 = <u>4.75x</u>

Hiermee is het gestelde doel al bereikt.
Het blijkt echter dat men nog verder kan gaan. Uit Fig 1 wordt al duidelijk dat de maskering van subbanden onderling weliswaar niet zo groot is als die binnen een subband, maar toch nog interessant kan zijn. Figuur 3 geeft het spectrum van een klank (de stomme klinker e),

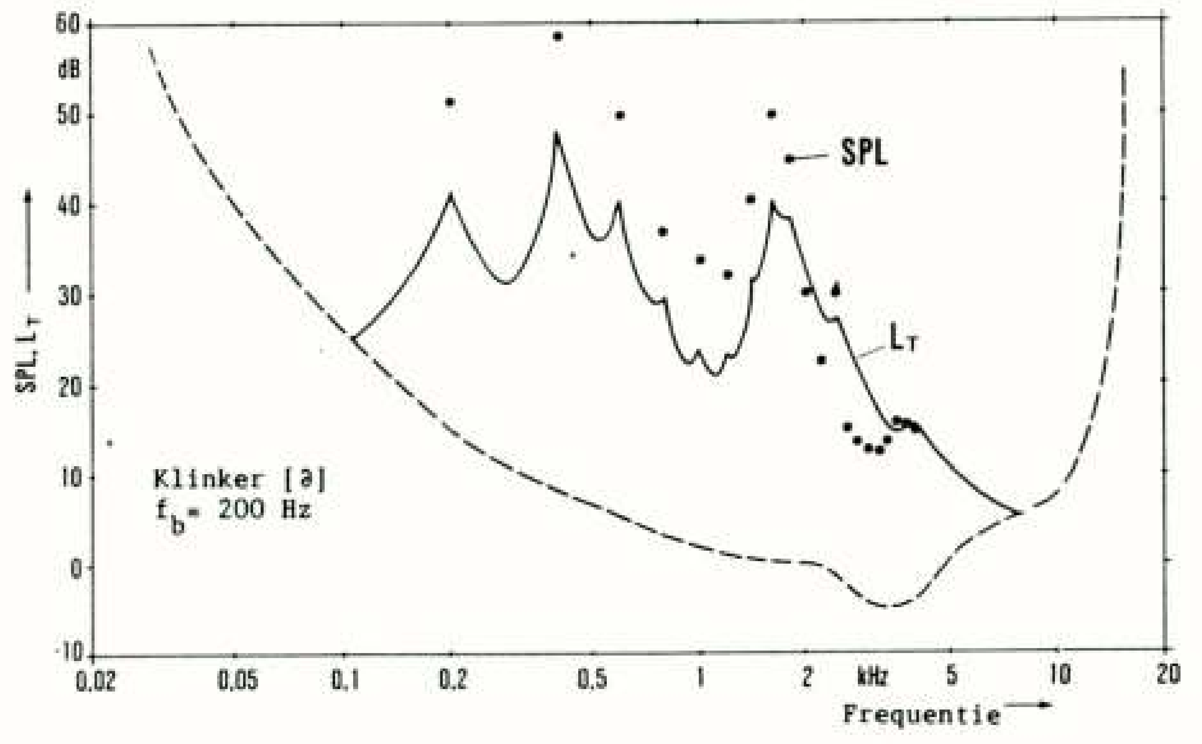


Fig. 3 : Spectrum in een practisch geval

bestaande uit 20 harmonischen (punten) en de totale maskeringskromme hierbij (Lt), berekend met de computer Men ziet dat 8 harmonischen beneden de maskeringskromme liggen en dus irrelevant zijn! Deze subbanden kunnen gelijk gesteld worden aan nul. Evenals een aantal andere waarin zich geen informatie bevindt. Verder zijn er nog overlappende gebieden waarbinnen men grover mag kwantiseren.

Wanneer statistisch bewezen is dat op deze wijze in alle HIFI geluid een minimale hoeveelheid bits vrij komt, dan kan men de bitsnelheid weer verlagen. Men neemt nu aan dat men mag rekenen op een winstfactor van 1.4 , waardoor de gemiddelde kwantisering nu komt op 3.37/1.4 = 2.41 bit per monster.

De winst in bitsnelheid is dan een factor 6.64 geworden. Wanneer men uitgaat van een bitsnelheid per stereokanaal van 1 Mbit/sec (32000x16x2) dan wordt dit na deze reductie 154 kbit/sec.

Omdat door deze tweede reductieslag de kwantisering per subband niet meer vast ligt, moeten nu zogenaamde schaalfactoren worden meegezonden, zodat men aan de ontvangstzijde weer de juiste bitexpansie kan toepassen. Dit vereist echter relatief weinig bits.

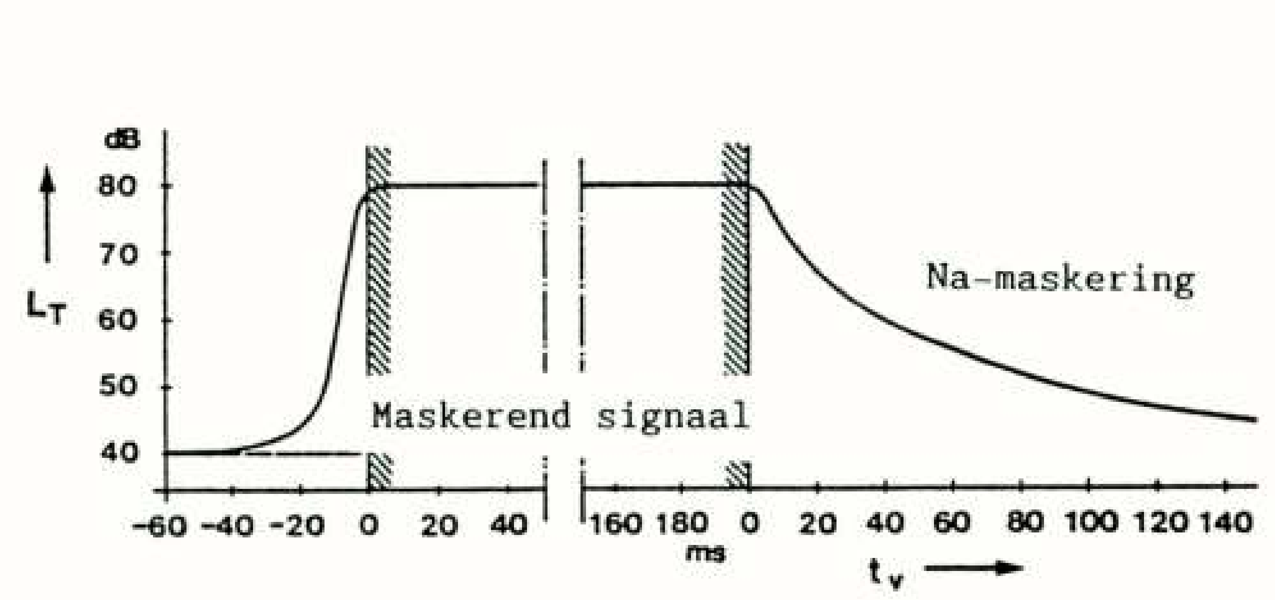


Fig. 4 : Maskering in de tijd

Tenslotte kan als een derde slag nog gebruik gemaakt worden van de traagheid van het gehoor, of de maskering in het tijddomein. In Figuur 4 is te zien dat na beëindiging van een klank het oor nog circa 100 msec ongevoeliger blijft voor andere geluiden. Gedurende deze tijd kan men ook weer grover kwantiseren.

Opgemerkt moet nog worden dat naast deze subbandcoding ook andere methoden worden bestudeerd [3,4], die echter alle gebruik maken van de besproken maskering in het frequentiedomein.

Realisatie

Figuur 5 toont het principe van een decoder. Het ingangssignaal bevat de audio- en de schaalfactorbits

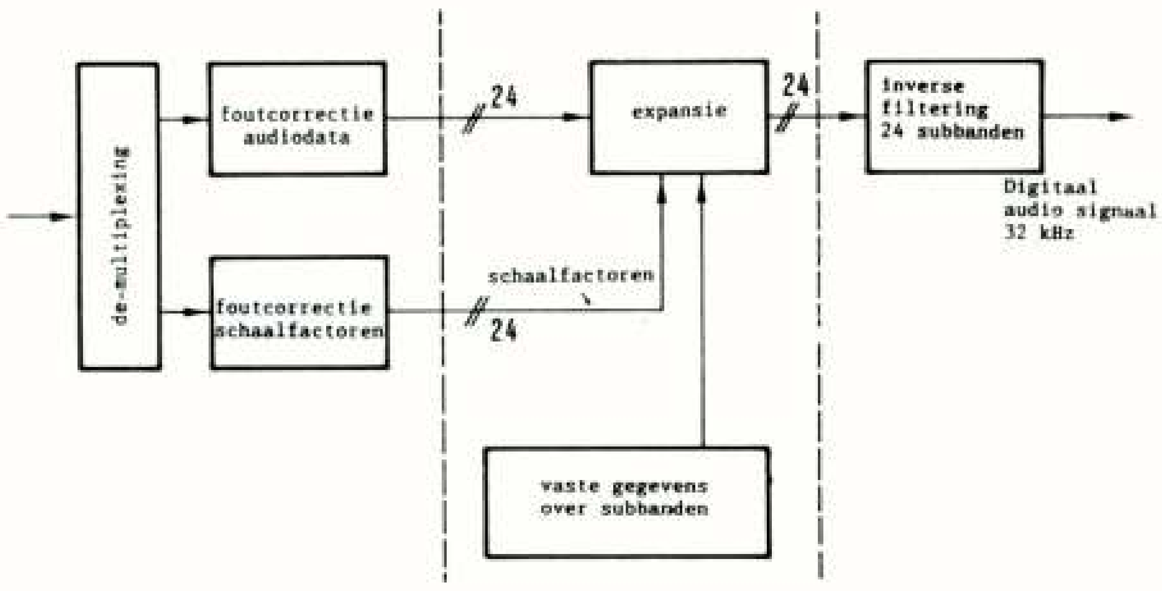


Fig. 5 : Principe van de decoder (expander)

uit 24 bandjes met de toegevoegde controlebits. Met behulp van de schaalfactoren worden de monsters weer hersteld en tenslotte worden deze geleid door een digitaal filter met 24 bandjes en uiteindelijk aan een DA omzetter toegevoerd.
Al de digitale functies hierin, inclusief de filtering, kunnen door een snelle 16 bit microprocessor worden vervuld. Na verloop van tijd kan dit dus een goedkoop systeem worden.

Tenslotte ziet men in Figuur 6 nog hoe het spectrum er uiteindelijk uitziet vergeleken met het originele signaal. Het voorbeeld betreft een klarinetklank. Boven heeft men het studiosignaal, daaronder het gecodeerde en daarna gedecodeerde signaal. Duidelijk is te zien dat er "ruisheuvels" ontstaan zijn onder de spectraallijnen, die echter voor het gehoor gemaskeerd worden door de pieken. Onderaan is het differentie signaal gegeven. Dit is dus aanzienlijk.

de bits van deze code worden de audiobits opgeteld. Het resultaat is dat de energie van de audiobits verdeeld wordt over een grotere band. In de ontvanger worden de audiobits weer teruggewonnen door correlatie met de bekende code. Meerdere audiosignalen kunnen met andere codes op dezelfde frequentie worden gemoduleerd.

Bij b wordt gebruik gemaakt van een groot aantal draaggolven waar de bits van een audioprogramma over verdeeld worden. De toelaatbare bittijd mag evenredig met het aantal draaggolven toenemen. Men kan meerdere programma's met elkaar "vervlechten".

Uit vergelijkend onderzoek door het CCETT is gebleken dat methode b een efficienter gebruik maakt van het frequentiespectrum, zodat besloten is daarmee verder te werken [6].

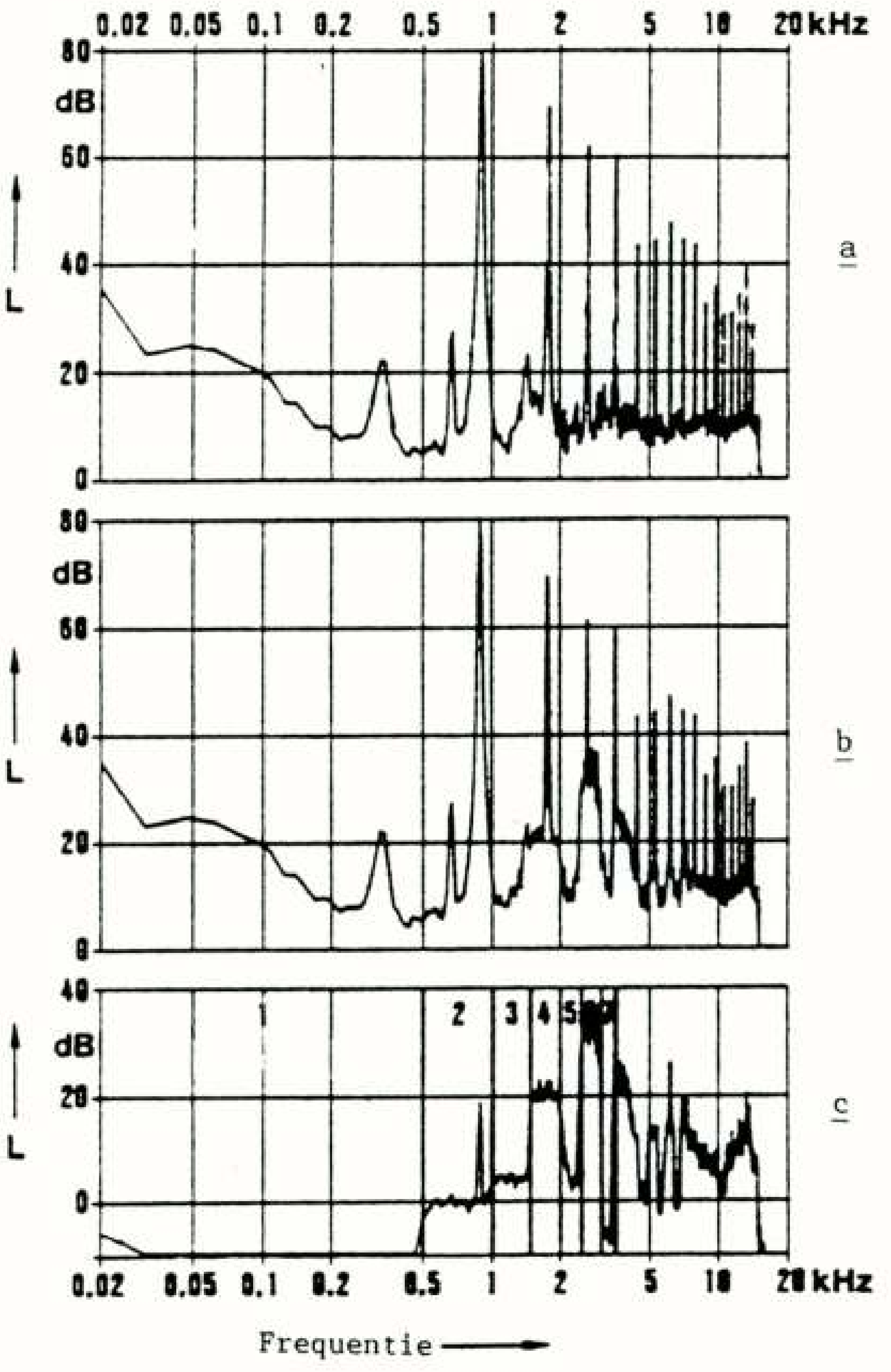


Fig. 6 : Invloed van bitreductie op het spectrum
a Vóór bitreductie
b Na bitreductie
c Differentie signaal

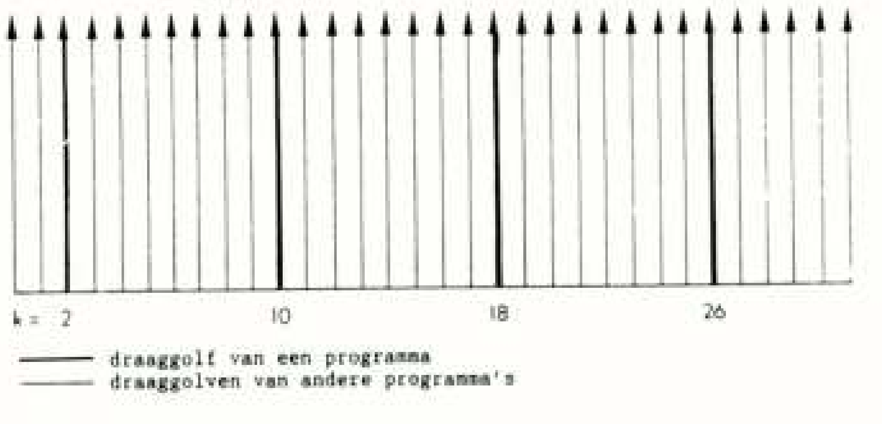


Fig. 7 : Voorbeeld van OFDM draaggolven

Reflectiebestendige modulatie

Bij mobiele ontvangst, waarbij men niet de gelegenheid heeft om een gerichte antenne te gebruiken, is het grote probleem de meerwegontvangst, veroorzaakt door reflecties. In de praktijk moet men rekening houden met looptijdverschillen tot 15 usec. (wegverschillen van 4.5 km).

Dit betekent dat digitale symbolen langer dan 15 usec elkaar gaan overlappen (Intersymbol Interference of ISI) zodat de maximale bitsnelheid slechts 33 kHz zou mogen bedragen, niet eens voldoende voor een gereduceerd monokanaal.

Er zijn twee zeer effectieve methoden bekend om dit probleem op te lossen :

a Spread Spectrum Modulatie [5].

b Orthogonal Frequency Division Multiplex [6,7].

Beide berusten op verbreding van het frequentiegebied.

Bij a wordt een constante code uitgezonden, PSK gemoduleerd op een draaggolf. De code heeft een bitsnelheid veel groter dan die van het audio signaal. Bij

OFDM

Figuur 7 geeft een eenvoudig voorbeeld. Elk audioprogramma maakt gebruik van 4 draaggolven. Er zijn 8 programma's, dus 32 draaggolven. Een praktisch probleem moet echter nog opgelost worden. Als men in de zender de band efficient gebruikt, dan heeft men in de ontvanger een groot aantal scherpe filters nodig. Een buitengewoon elegante oplossing wordt mogelijk als men de draaggolven onderling orthogonaal moduleert:

Stel $\{f_k\}$ is een serie van N draaggolven zodat

$$f_k = f_o + k/T_s \quad \text{met} \quad k = 0 \text{ tot } N - 1$$

waarin T_s de tijdsduur van het symbool is. Een orthogonale reeks signalen kan dan gedefinieerd worden als

$$\Psi_{j,k}(t) = g_k(t - jT_s) \quad \text{met } k = 0 \text{ tot } N - 1,$$

$$\text{en } j = -\infty \text{ tot } +\infty$$

$$\text{waarin} \quad g_k(t) = e^{2i\pi fkt} \quad \text{met} \quad 0 \leqslant t < T_s$$

De signaalspectra van $g_k(t)$ overlappen elkaar zoals weergegeven in Figuur 8. De som van al deze draaggolven levert een vlak vermogensspectrum.

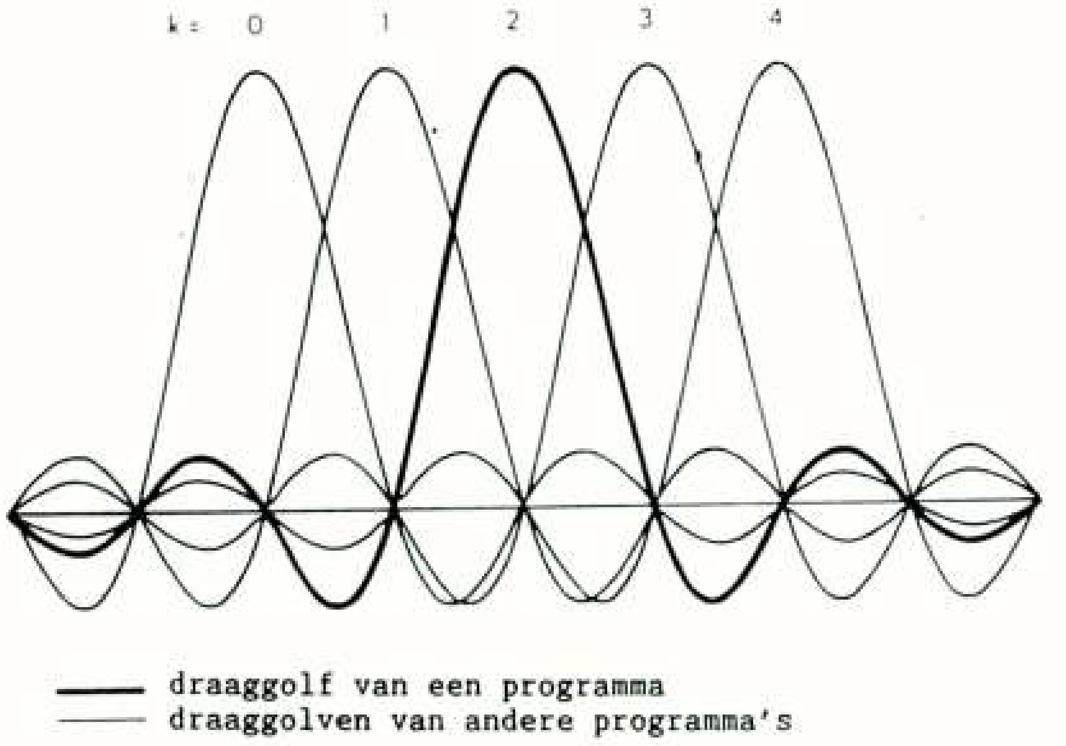


Fig. 8 : Spectrum van g_k signalen

Voor het gemoduleerde OFDM sigaal kan geschreven worden:

$$x(t) = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \sum_{k=0}^{N-1} C_{j,k} \psi_{j,k}(t) \qquad (1)$$

waarbij het complexe symbool $C_{j,k}$ de amplitude-fase modulatie voorstelt toegepast op het $\Psi_{j,k}$signaal.

Dan kan de demodulatiemethode worden voorgesteld door

$$C_{j,k} = \frac{1}{T_s} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\, \psi^*_{j,k}(t) dt \qquad (2)$$

Het blijkt dat zowel modulatie (formule 1) als demodulatie (formule 2) Fouriertransformaties zijn [8].

Zowel in de zender als in de ontvanger kan men dus werken met Fast Fourier Transforms (FFT), en deze zijn nu al met snelle microprocessoren te realiseren.
Opgemerkt moet nog worden dat men met deze techniek demodulatie en programmaselectie tegelijk doet door de juiste monsters als uitgangspunt voor de FFT te nemen.

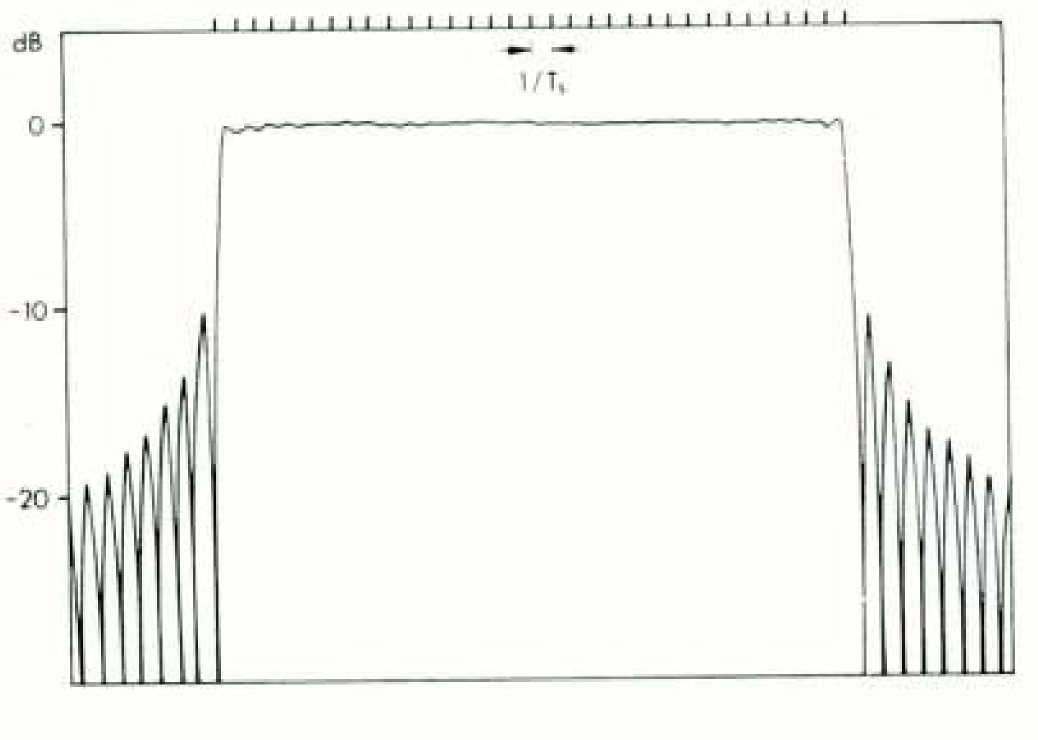


Fig. 9 : Voorbeeld van vermogensspectrum

Figuur 9 geeft voor het hypothetische geval van 32 draaggolven het vermogensspectrum.
Omdat bij reflecties de orthogonaliteit aangetast wordt brengt men tussen de bits een protectie interval aan.
Figuur 10 geeft de invloed daarvan op het spectrum.

Een mogelijke specifikatie is bijvoorbeeld :

symbooltijd	64 usec
protectietijd	16 usec
draaggolf afstand	15.625 kHz
aantal draaggolven	448
totale bandbreedte	ca 7 MHz
audio-bitsnelheid per draaggolf	10.6 kbit/sec
idem inclusief controle-bits	24.75 kbit/sec
aantal programma's	16
netto bitsnelheid per stereo programma	296.8 kbit/sec

De aangeboden bitsnelheid kan met behulp van de behanbehandelde bitreductiemethode gemakkelijk gerealiseerd worden, zodat er nog capaciteit over is voor extra informatie.
Ook de rest van de wensspecifikatie is gerealiseerd, zoals het aantal stereoprogramma's (16) in een band van maximaal 7 MHz.

Zeer veel onderzoek moet echter nog gedaan worden onder allerlei omstandigheden, storende invloeden van en naar andere signalen en vooral de economie van de ontvangerschakelingen.

Figuur 11 geeft tenslotte een overzicht van de functies in de ontvanger.

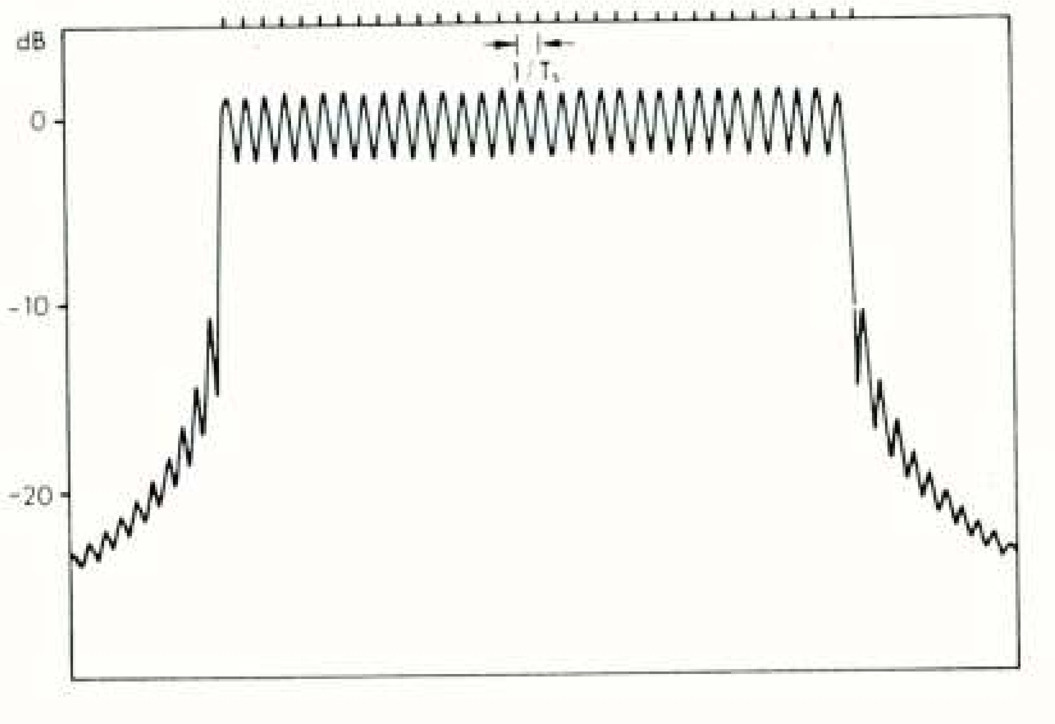


Fig. 10 : Invloed van de toevoeging van een protectie interval

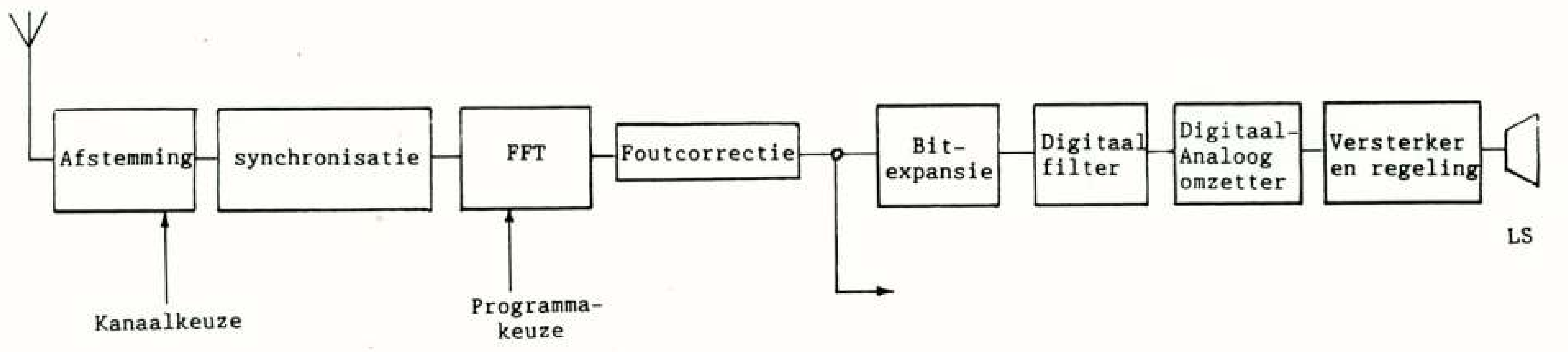


Fig. 11 : Functies in de ontvanger

Konklusies

In het Europese DAB projekt wordt een digitaal audio omroepsysteem ontwikkeld dat moet voldoen aan hoge kwaliteitseisen ten aanzien van audio weergave (vergelijkbaar met Compact Disc) en ongevoeligheid voor reflecties, zoals die bij mobiele ontvangst vaak voorkomen.
Dit laatste kan bereikt worden door toepassing van OFDM modulatie. Het signaal blijkt hierbij gedemoduleerd te kunnen worden door middel van een Fast Fourier Transformatie.
Wegens het gebrek aan voldoende beschikbare frequentiebanden in de ether wordt rigoreuze bitsnelheidsreductie toegepast. De zogenaamde subband codering bijvoorbeeld kan een factor 5 à 8 besparing opleveren.
Eerste demonstraties werden positief beoordeeld.
Zowel bitreductie als demodulatie gebeurt met behulp van complexe snelle microprocessoren. Voor massaproductie van ontvangers zullen deze dan ook aanzienlijk goedkoper moeten worden.

Literatuur

1. Theile, M.Link, G.Stoll - Low bitrate coding of high quality audio signals.
82 nd AES Convention 1987. Preprint no 2432.

2. R.E.Crochière - Subband coding
The Bell Syst.Techn.Journal. Vol 60 Sept'81. p 1633.

3. E.F.Schröder, W.Voessing - High quality digital audio encoding with 3.0 bits/sample using Adaptive Transform Coding.
80 th AES Convention. Preprint no 2321.

4. K.Brandenburg, G.G.Langenbucher, D.Seitzer - A digital signal processor for real time adaptive transform coding of audio signals up to 20 kHz bandwidth.
IEEE Int.Conf. on Circuits and Computers 1982. p 474.

5. G.L.Turin - Introduction to spread spectrum antimultipath techniques and their application to urban digital radio.
Proc. IEEE Vol 68 1980 pp 328-353.

6. D.Pommier, P.A.Ratliff - New prospects for high-quality satellite sound broadcasting to mobile, portable and fixed radio receivers.
Advanced digital techniques for UHF satellite sound broadcasting. Publication EBU August 1988.

7. M.Alard, R.Lassalle - Principles of modulation and channel coding for digital broadcasting for mobile receivers.
EBU Review Technical no 224. August 1987

8. S.B.Weinstein, P.M.Ebert - Data transmission by Frequency Division Multiplexing using the Discrete Fourier Transform.
IEEE Transact. on Comm. Techn. no 5 Oct.71

Voordracht gehouden tijdens de 364e werkvergadering.

Stralingsproblematiek bij Radio- en Televisiezenders

Dr. H.K. Leonhard
PTT Telecom, Hoofdafdeling Omroep en Televisie

Radiation problems with broadcasting transmitters

Due to the high electromagnetic power densities near by broadcast transmitting sites the general public has a certain fear for possible health hazards. On the other hand there are effects like electromagnetic interference and compatibility (EMI, EMC) when radiation directly interferes with electronic equipment. Radiation plays an important role when applying for nuisance act licencess for placing new transmitters. In the following it is shown that, at least in the Netherlands, the power densities near by high power transmitters are far below recommended safety standards.

Al is een groot deel van de huishoudens aangesloten op een kabel, er zullen toch steeds omroepzenders nodig blijven om de programma's te verspreiden. Dat wil zeggen het produkt omroep is noodzakelijk verbonden met het verschijnsel elektromagnetische straling.

Elektromagnetische straling kan, afhankelijk van de intensiteit, storende, ja zelfs schadelijke effecten met zich brengen. In het volgende worden mogelijke effecten van elektromagnetische straling besproken:

1. invloed op apparatuur
2. invloed op biologische systemen
3. actuele situatie nabij omroepzenders

1. EMC-problemen

Elektromagnetische golven kunnen als elektrisch verschijnsel invloed uitoefenen op elektronische apparatuur. Een ieder heeft zich wel eens geërgerd dat in de nabijheid van omroepzenders de ontvangst met autoradio's gestoord wordt, of dat de nieuwe zendamateur op de hoek strepen op de buis laat verschijnen. Dit komt voor als gevolg van te hoge antennespanningen. De radio's of televisie-ontvangers worden te hoog uitgestuurd en als gevolg daarvan treden mengprodukten op tussen gewenste en ongewenste uitzendingen.

Een ander fenomeen doet zich voor als elektromagnetische golven direct instralen in elektronische apparaten. Een stukje draad of een geleider op een gedrukte schakeling werkt dan als antenne voor de hoogfrequente straling, een van de halfgeleider werkt als gelijkrichter met als gevolg dat het apparaat wordt ontregeld.
Hoe gecompliceerder een apparaat van binnen is opgebouwd des te lastiger kunnen de gevolgen van de storing zijn.

Bij geluidsapparatuur hoort men storende geluiden, bij tv-ontvangers ziet men strepen in het beeld al dan niet begeleid door hinderlijke geluiden. Computers lijden ineens aan geheugenverlies, wat zeker hinderlijk is als het gaat om spelletjes, maar wat desastreus is als het gaat om belangrijke bestanden die gewist worden.

Het zou een eindeloze lijst worden, wilde men alle mogelijke storingen inventariseren.

Het probleem ligt in de meestal onvoldoende bescherming van apparatuur tegen elektromagnetische straling. Pas in de laatste jaren is men zich ervan bewust dat de moderne informatie-maatschappij compatibiliteitsproblemen met zich brengt. Van steeds meer potentiële ontvangers van elektromagnetische straling wordt in het dagelijks leven gebruik gemaakt. En steeds meer van deze elektronische hulpmiddelen kunnen zelf een bron van storingen zijn.

Omroepzenders met hun hoge vermogens komen vaak als veroorzaker in aanmerking.

Aanleg en exploitatie van omroepzenders in Nederland ligt bij de NV "Nederlandse Omroepzender Maatschappij" (NV NOZEMA). Sinds 1953 liggen deze taken op contractbasis bij de PTT.

In de "Regeling klachtbehandeling Besluit radio-elektrische inrichtingen" van de Telegraaf en Telefoon Wet (T en T Wet) is vastgelegd dat PTT voor ontstoring moet zorgen als PTT-zenders een veldsterkte van 1 V/m bij huishoudelijke apparatuur respectievelijk 3 V/m bij professionele apparatuur overschrijden. Hoewel de van de NV NOZEMA geëxploiteerde zenders expliciet van deze regeling zijn uitgenomen, kan in Hinderwetvergunningen voor omroepzendstations een soortgelijke regeling zijn opgenomen.
NV NOZEMA is dan wel gehouden actie te ondernemen als vaststaat dat een storing door omroepzenders veroorzaakt wordt. Dat wil zeggen dat ongeacht of de gestoorde apparatuur tegen dergelijke velden beschermd is, toch actie moet worden ondernomen.

Omdat vanuit het oogpunt van de verzorging de veldsterkte niet kan worden verminderd, betekent actie ondernemen meestal het vervangen van apparatuur door speciaal ontstoorde gelijkwaardige apparaten.

In de toekomst zullen er zeker minder klachten zijn over storingen op apparatuur omdat toekomstige produkten aan de eisen van de Europese EMC-richtlijn moeten voldoen. Hierin is gesteld dat dergelijke elektronische apparaten bestand moeten zijn tegen veldsterkten van 10 V/m.

Een belangrijk nevenaspect van de EMC-problematiek ligt in het psychologische vlak:
slogans als:
"Hoe erg moet de straling niet zijn als zelfs mijn computer het niet meer doet" en "De Raad van State heeft 1 Volt voorgeschreven en de PTT wil meer dan 1000 Volt hanteren" behoren tot het dagelijks brood van het klachtenbureau.

Er wordt hier verband gelegd tussen volkomen onafhankelijke verschijnselen. Gezien de actualiteit van milieuvraagstukken pakt de pers dit onderwerp dankbaar op en draagt daardoor bij aan de onzekerheid binnen de bevolking.
Een belangrijke rol voor de NOZEMA ligt dan ook in het preventief voorlichten van mensen die in de nabijheid van omroepzenders wonen.

In het eerste deel ging het voornamelijk over potentiële materiële gevolgen van invloed van elektromagnetische straling. Het tweede deel gaat over potentiële gezondheidsrisico's voor mens en dier.

2. Invloed van elektromagnetische straling op biologische systemen

Voor het gebied van de ioniserende straling bestaan er in Nederland veiligheidsrichtlijnen. Dit geldt niet voor het wijde gebied van de niet-ioniserende straling, waaronder de elektromagnetische straling van omroepzenders valt.
Bij verschillende instanties worden dan ook verschillende normen voor veilig verblijf van personen of dieren in elektromagnetische stralingsvelden gehanteerd.

De militairen in Nederland oriënteren zich aan de NAVO-richtlijn, PTT hanteert de Duitse norm VDE 0848 en anderen gaan uit van de IRPA-norm.
In al deze normen worden, afhankelijk van de frequentie van de elektromagnetische straling, grenswaarden aangegeven voor de elektrische c.q. magnetische veldsterkte. Deze grenswaarden verschillen onderling, maar berusten meestal op dezelfde wetenschappelijke gegevens. Alleen de interpretatie en het gewicht van bijzondere effecten van straling is verschillend. Het is daarom van groot belang te weten welke gevolgen blootstelling aan elektromagnetische straling kan hebben.

Bij het vastleggen van de grenswaarden werd alleen met effecten rekening gehouden die een invloed op de gezondheid kunnen hebben.

Voor laagfrequente velden zijn de grenswaarden gebaseerd op de uitwerkingen van de in het weefsel opgewekte stromen. Voor hogere frequenties zijn het de temperatuurverhogingen die de grenswaarden bepalen.

Omroepzenders stralen hoogfrequente elektromagnetische velden uit, met een frequentie die boven 150 kHz (langegolf) ligt. In verband met hoogfrequente velden zijn gevaren alleen op grond van de door de velden veroorzaakte temperatuurverhoging bewezen. De warmte-ontwikkeling in weefsel kan worden vergeleken met het koken in magnetronovens.

De grenswaarden zijn zo vastgelegd dat overeenkomstig met wetenschappelijk inzicht lichamelijk gevaar voor gezonde personen door invloed van elektrische, magnetische of elektromagnetische velden wordt voorkomen.

Bij de Duitse norm zijn dezelfde grenswaarden van toepassing zowel voor beroepsmatig blootgestelde personen als voor de leden van de algemene bevolking. Om uitwerkingen te voorkomen die wel waargenomen worden, maar die niet schadelijk en alleen maar lastig zijn, kunnen in speciale gevallen aanvullende technische c.q. organisatorische maatregelen nuttig zijn. De ervaring leert dat de grenswaarden in het privébereik niet worden overschreden.

Door middel van modelberekeningen en 'in vitro' c.q. 'in vivo' experimenten met weefsel heeft men het SAR-concept ontwikkeld. SAR staat voor 'specific absorption-rate' of specifieke absorbtie van energie. De absorbtie van energie wordt o.m. bepaald door de polarisatie van het veld, door de omgeving van de stralingsbronnen en door het gewicht en de lengte van de blootgestelde personen.
Bij lage frequenties is de absorbtie klein. Met toenemende frequentie stijgt ook de absorbtie. Bij zeer hoge frequenties wordt de absorbtie weer kleiner. Dit is een typisch resonantiefenomeen: bepaalde afmetingen van het lichaam komen overeen met de golflengte van de elektromagnetische straling (f_{res}=120/lengte; f in MHz, lengte in m).

De grenswaarden voor frequenties boven 2 MHz zijn bij de Duitse norm zo gekozen dat onder de meest ongunstige omstandigheden in het menselijk lichaam een over het hele lichaam gemiddelde specifieke absorbtie van hoogstens 1 W/kg optreedt. Bij een specifieke absorbtie van 4 W/kg werden namelijk tijdens dierproeven nadelige gevolgen voor de gezondheid geconstateerd (bijv. gedragsveranderingen zoals verminderd uithoudingsvermogen, staken van de activiteit, krampen etc.). De veiligheidsafstand 1 W/kg ten opzichte van 4 W/kg wordt als toereikend ervaren.

Andere normen, zoals bijvoorbeeld de IRPA-norm, gaan uit van een maximaal toelaatbare SAR van 0,4 W/kg voor beroepsmatige blootstelling en 0,08 W/kg voor leden van de algemene bevolking.

Met uitwerkingen die samenhangen met het waarnemen van hoogfrequente velden, bijv. lokale temperatuurverhoging als gevolg van niet gelijkvormige hoogfrequentie-absorbtie in het lichaam, het "horen" van gemoduleerde, hoogfrequente velden en het waarnemen van kortstondige (<0,1 s) hoogfrequente stromen bij het aanraken van niet geaarde geleiders is geen rekening gehouden. Voor kortstondige blootstellingen voorziet het warmteconcept in een tijdgemiddelde.

Daardoor zouden rekenkundig willekeurig hoge topwaarden ontstaan als de blootstellingen maar kort genoeg zijn.
In experimenten is echter aangetoond dat bij toereikend grote weefselveldsterkten celmembraaneffecten kunnen optreden, die in extreme gevallen bij zeer korte pulstijden en weefselveldsterkten van boven 100 kV/m kunnen leiden tot irreversibele doorbraak van celmembranen.

Uitgaan van ongunstige blootstellingscondities voor het menselijk lichaam alsmede rekening houden met veiligheidsmarges resulteert in de in tabel 1 weergegeven toelaatbare topwaarden voor elektrische c.q. magnetische veldsterkten en vermogensdichtheden (Sliney, 1988). In het algemeen blijft men voor de bevolking aanmerkelijk beneden de raming van de grenswaarden. Deze stelling wordt in het volgende nader toegelicht.

3. Stralingssituatie nabij omroepzenders

Een drietal voorbeelden schetsen de veldsterktesituatie nabij zendstations:

3.1 De toren van Lopik

Op de toren van Lopik bevinden zich naast PTT-zenders met lage vermogens, omroepzenders voor vier FM-programma's en drie tv-programma's .

De FM-zenders hebben een gezamenlijk effectief uitgestraald vermogen (ERP) van 2x100 + 50 + 1 kW = 251 kW.

De tv-zenders hebben gezamenlijk een ERP van 100 + 2x1000 kW = 2100 kW.

Met behulp van de bekende stralingspatronen van de respectievelijke antennes kunnen de vermogensdichtheden van de elektromagnetische straling op verschillende afstanden worden berekend. Er wordt gebruik gemaakt van de eenvoudige formule:
Het effectief uitgestraald vermogen (ERP) moet door het oppervlak van een bol met de straal R om de bron. De op deze manier berekende vermogensdichtheden (Watt/ m^2) gelden voor de hoofdbundel van de antenne. Voor andere uitstraalrichtingen moet men het ERP vermenigvuldigen met de dempingsfactoren uit de stralingsdiagrammen.

Op 1 km afstand van de toren bedraagt de veldsterkte op 2 m hoogte minder dan een Volt per meter, op 2 km afstand minder dan 0,5 V/m.

De theoretische waarden worden door metingen bevestigd.

De resulterende vermogensdichtheden zijn dusdanig laag dat van een gevaar voor mens of dier geen sprake kan zijn.

3.2 Het kortegolfstation Flevo

De lokatie in Nederland met de grootste vermogensdichtheden is rondom het kortegolfstation Flevo. Er staan hier 4 zenders met elk een vermogen van 500 kW en antennes met versterkingsfactoren van 20 dB. Deze antennes stralen onder een bepaalde opstraalhoek zodat de resulterende veldsterkten dichtbij de grond laag zijn. De NV NOZEMA moet twee keer per jaar de actuele veldsterktesituatie bij het zendstation meten en aan de gemeente rapporteren.

In de desbetreffende Hinderwetvergunning is vastgelegd dat een veldsterkte van 60 V/m op 2 m hoogte aan de grenzen van het zenderterrein niet mag worden overschreden. Ook hier blijft men beneden de gestelde grenswaarde.

3.3 Het zendstation te Hulsberg

Een unieke situatie doet zich voor in de gemeente Valkenburg a.d. Geul: het zendstation Hulsberg bevindt zich midden in een woonwijk. De zendmast lijkt als het ware in de tuinen van de mensen te staan (afstand ca. 100 m, masthoogte 105 m). Het zendstation omvat 2 middengolfzenders van 10 en 20 kW, 4 FM-zenders met 3x10 + 4 kW en 3 tv-zenders met 3x100 W.

Zoals wij gezien hebben bij de situatie in Lopik dragen FM- en TV-zenders weinig bij tot het stralingsveld aan de grond. Alleen voor de middengolfstraling liggen de huizen direct in de hoofdbundel van de antenne. Maar ook hier tonen metingen aan dat men ruim beneden de veiligheidsnormen ligt:
resultaten
891 kHz: 140 dBuV/m = 10 V/m
1251 kHz: 137 dBuV/m = 7,1 V/m

De gemeten waarden komen overeen met de theoretische waarden voor middengolf:
20 kW op afstand 100 m ---- 11 V/m
10 kW " " " ---- 7,7 V/m

De theoretische waarden voor de in Hulsberg aanwezige FM- en tv-zenders voor dezelfde meetplaats zijn:
FM-A,B,C ---- 0,11 V/m (per zender van 10 kW)
FM-D ---- 0,07 V/m (een zender van 4 kW)
tv-1,2,3 ---- 0,01 V/m (per zender van 100 W)

Dus ook hier blijven de omroepzenders ruim beneden de veiligheidsnormen. Zelfs ruim beneden de strengere IRPA-norm.

4. Slot

In Nederland bestaat op het moment geen wettelijk voorgeschreven norm voor veiligheid i.v.m. elektromagnetische straling. Gezien de actualiteit van het probleem en de politieke belangstelling voor milieuvragen is het alleen een kwestie van tijd dat Nederland een eigen norm voor niet-ioniserende straling gaat vaststellen. Een beleidsvoorbereidende interdepartementale werkgroep houdt zich met dit onderwerp bezig.

In deze werkgroep zijn de Ministeries van WVC, VROM, SZ, EZ en V&W vertegenwoordigd. Samen met het RIVM wordt er aan gewerkt om op zeer korte termijn tot een normstelling te komen en daardoor heel wat onzekerheid binnen de bevolking weg te nemen.

5. Literatuurlijst

Krause N. (Editor):
Nichtionisierende Strahlung Tagungsband, 21. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.
Köln, 7-9 November, 1988

Repacholi M.H. (Editor): Non-ionizing Radiations: Physical Characteristics, Biological Effects and Health Hazard Assessment
Proceedings of the International Non-Ionizing Radiation Workshop Melbourne, 5-9 April, 1988

Sliney D.H.: in Repacholi M.H.

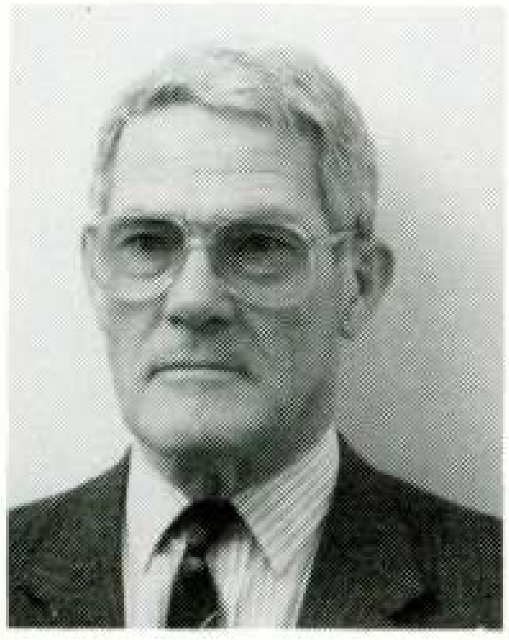
International & Selected National RF Exposure Standards (Updated from Repacholi, 1987)

Country (Ref)	Freq. (f) (MHz)	Exposure Limits V/m	A/m	Mw/cm^2
INTERNATIONAL	0.1-1	614	1.6/f	-
IRPA/INIRC	>1-10	614/f	1.6/f	-
(1988)	>10-400	61	0.16	1
Occupational	>400-2000	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	f/400
	>2000-300000	137	0.36	5
Public	0.1-1	87	$0.23/f^{1/2}$	-
	>1-10	$87/f^{1/2}$	$0.23/f^{1/2}$	-
	>10-400	27.5	0.073	0.2
	>400-2000	$1.375/f^{1/2}$	$0.004f^{1/2}$	f/2000
	>2000-300000	61	0.16	1
USA (ANSI, 1982)	0.3-3	632	1.6	100
Occupational	3-30	1897/f	4.74/f	30/f
& Public	30-300	63.2	0.16	1.0
	300-1500	$3.65f^{1/2}$	0.003f	f/300
	1500-100000	141	0.35	5.0
F.R. GERMANY	0.01-0.03	2000	500	-
(FRG, 1984)	>0.3-2	1500	7.5/f	-
Occupational	>2-30	3000/f	7.5/f	-
& Public	>30-3000	100	0.25	2.5
	>3000-12000	$1.83f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	0.0008f
	>12000-3000000	200	0.5	10
USSR (1984)	0.03-0.3	25	-	-
Public	0.3-3	15	-	-
	3-30	10	-	-
	30-300	3	-	-
	300-300000	-	-	0.01
USSR	0.06-3	50	5 (to 1.5 MHz)	-
(1976, 1983)	3-30	20	-	-
Occupational	30-50	10	0.3	-
	50-300	5	0.15	-
	300-300000	-	-	0.2/t*
AUSTRALIA	0.3-9.5	194	0.51	10
(1985)	>9.5-30	1841/f	4.9/f	$900/f^2$
Occup. A	>30-300000	61	0.16	1
Occup. B	0.3-3	614	1.6	100
	>3-30	1841/f	4.9/f	$900/f^2$
	>30-300000	61	0.16	1
Public	0.3-9.5	86.8	0.23	2
	>9.5-30	825/f	2.19/f	$180/f^2$
	>30-300000	27.5	0.073	0.2

note: f = frequency in MHz.
* Standard for stationary antennas, t = Exposure time in hours.

TABEL 1

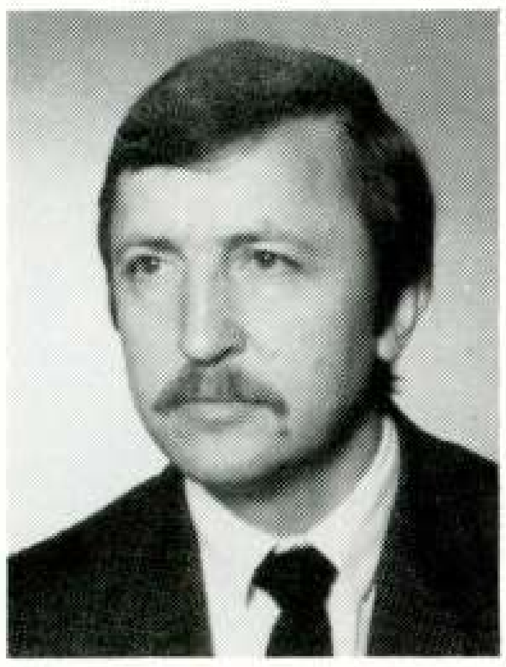
Voordracht gehouden tijdens de 364e werkvergadering.



ING. J. J. BLIEK



IR. D. NEDERLOF



DR. H. K. LEONHARD



IR. J. P. DE VRIES

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(364ste werkvergadering)

UITNODIGING

voor de lezingendag op **woensdag 30 november 1988** in **CEPT-zaal van de PTT** aan de **Beatrixlaan** te **'s-Gravenhage.**
THEMA: ONTWIKKELINGEN EN BEPERKINGEN BIJ RADIO EN TELEVISIE OMROEP.

PROGRAMMA

09.30 - 10.00 uur	Ontvangst en koffie.
10.00 - 10.40 uur	**ING. J. J. BLIEK**, (PTT Omroep en Televisie); ONTWIKKELINGEN EN BEPERKINGEN BIJ RADIO EN TELEVISIE OMROEP.
10.40 - 11.20 uur:	Koffie.
11.20 - 12.00 uur:	**IR. D. NEDERLOF**, (Philips Consumer Electronics); DIGITALE AUDIO OMROEP (DAB), EUREKA 147.
12.00 - 12.40 uur:	**DR. H. K. LEONHARD**, (PTT Omroep en Televisie); E.M. STRALINGSPROBLEMATIEK BIJ OMROEP EN TELEVISIE ZENDERS.
12.40 uur:	Lunch.
14.10 - 14.50 uur:	**IR. M. ANNEGARN**, (Philips Natuurkundig Laboratorium); DE EVOLUTIONAIRE ONTWIKKELING VAN MAC NAAR HDTV, EUREKA 95.
14.50 - 15.20 uur:	Thee.
15.20 - 16.00 uur:	**IR. J. P. DE VRIES**, (PTT Omroep en Televisie); MOGELIJKHEDEN EN BEPERKINGEN IN DE ETHER (WARC ORBIT).

Aanmelding voor de lezingen dient te geschieden vóór 20 november 1988 door middel van de aangehechte kaart, **gefrankeerd** met een **postzegel** van **55 cent.** Reservering voor de lunch vindt slechts plaats indien vóór 20 november een bedrag van *f* 15,00 is ontvangen op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam onder vermelding van "Omroep". Niet leden dienen een entree-prijs van *f* 15,00 te betalen. Studenten hebben gratis toegang.

Namens het NERG bestuur,
Dr. ir. A. J. Vinck,
Tel. 040 - 473672.

Eindhoven, oktober 1988.

MOGELIJKHEDEN EN BEPERKINGEN VAN DE ETHER

Ir. J.P. de Vries
Hoofdafdeling Omroep en Televisie
PTT Telecom

Summary

A general technical background is given concerning the planning of terrestrial transmitter networks.
As an example the networks now in use in the Netherlands are described.
The limitations from this method of programme distribution and from the conventional TV- and FM-systems are mentioned.
Satellite broadcasting systems and their ability to overcome these limitations are described in general.
In the last part of this lecture a comparison is given between programme distribution with terrestrial transmitters, satellites and cable-systems.

1 DISTRIBUTIE MET AARDSE ZENDERS

Deze vorm van distributie is primair bedoeld voor, en gebaseerd op, individuele ontvangst.
Het verzorgingsgebied van een zender is het gebied waarin met 50% kans en vastgestelde verzorgingsnorm wordt gehaald.
Een algemeen gehanteerde verzorgingsnorm is dat voor ten minste 99% van de tijd een goede ontvangst wordt gerealiseerd.

Een goede ontvangst houdt onder meer in dat het na demodulatie verkregen basisbandsignaal, een voldoend goede signaal/ruisverhouding heeft. Uitgaande van het toegepaste modulatiesysteem is daarvoor een bepaalde minimale draaggolf/ruisverhouding nodig.
Om deze draaggolf/ruisverhouding met een "standaard ontvanginstallatie" te realiseren moet de veldsterkte groter zijn dan de minimum veldsterkte.
De kwaliteit van het basisbandsignaal (gebaseerd op een vijfpuntsschaal waarbij 5 de referentie kwaliteit voorstelt) en de eigenschappen van de "standaard ontvanginstallatie" (met een antennehoogte van 10 meter boven de grond) zijn zowel voor beeld als geluidssignalen door het CCIR in internationale normen vastgelegd.

Omdat er veel andere zenders zijn en omdat het voor omroep beschikbare spectrum begrensd is, is het onvermijdelijk dat we storing van andere zenders ondervinden. De protectieverhouding is de minimale sterkteverhouding tussen het gewenste signaal en het storende signaal waarbij de kwaliteit nog voldoende goed is.

De protectieverhouding is frequentie-afhankelijk, signalen met een frequentie dichtbij de frequentie van het gewenste signaal geven meer storing.
De selectiviteit van de standaardontvanger is hierbij een belangrijk punt.
In het CCIR zijn voor beeld en geluid protectiecurven (protectieverhouding ten opzichte van het frequentieverschil tussen storend en gewenst signaal) vastgelegd.
De enkelvoudige beschermde veldsterkte is de minimale veldsterkte op een punt om, met inachtname van de protectieverhouding, voldoende sterkteverschil te verkrijgen tussen het gewenste signaal en het storende signaal.
De meervoudige beschermde veldsterkte is in wezen hetzelfde maar dan berekend over alle storende signalen rekening houdend met de desbetreffende protectieverhoudingen.

Uiteindelijk kan rondom de zenderopstelplaats een contour worden getekend waarbinnen de veldsterkte voor bv. 99% van de tijd groter is dan de meervoudig beschermde veldsterkte.

Omdat de veldsterkte van een storend signaal op zich varieert, in tijd en plaats, zijn daar veel metingen en op statistiek gebaseerde berekeningen voor nodig.

Omdat de landen dichtbij elkaar liggen en het voor omroep beschikbare frequentiegebied begrensd is, is het nodig de etherverzorging te baseren op een internationaal overeengekomen planning.

Het doel is gelijkwaardige mogelijkheden voor de verschillende landen en een optimaal gebruik van het frequentiespectrum.
Planningsconferenties zijn in principe in twee delen opgesteld.
Tijdens het eerste deel wordt een theoretisch model van een netwerk in grote lijnen opgezet, er worden afspraken gemaakt over de methodiek en de technische parameters. Tussen de 1e en 2e conferentie gaan de landen een implementatie uitwerken op basis van dat model. Op het 2e deel, worden deze uitwerkingen op elkaar afgestemd. Bij de planning worden voor elke zender de volgende basisgrootheden vastgelegd:

1. de zenderopstelplaats;
2. het uitgestraald vermogen. EIRP, Effective Isotropic Radiated Power;
3. de antennehoogte en
4. de zendfrequentie.

Het uitgestraald vermogen in de verschillende richtingen is het resultaat van het zendervermogen en het antennediagram. Voor bv. de Nederland 2 tv-zender te Lopik is het zendervermogen 40 Kwatt. Het EIRP-vermogen is ca. 1 Mwatt. In de gewenste richtingen is de antennewinst (gain) 15 dB, de kabeldemping tussen zender en antenne is 2 dB.
Bij een grotere antennehoogte wordt het verzorgingsgebied groter, echter de mogelijke storing die andere landen ondervinden neemt ook toe.
De propagatie in het desbetreffende frequentiegebied en de terreingesteldheid zijn (uiteraard) belangrijk bij de planning.

De etherdistributie is gebaseerd op de resultaten van de volgende planningsconferenties. Middengolf en lange golf, Genève 1975; korte golf, HF-BC, Genève 1987; FM, Genève 1984; en TV, Stockholm 1961.

De (omvangrijke) planningsconferenties worden niet vaak gehouden.
Bij de uitvoering blijkt een en ander soms anders te liggen dan oorspronkelijk was aangenomen. Daardoor zijn, om de verzorging te verbeteren en/of de storing veroorzaakt bij anderen te verminderen, wijzigingen achteraf vaak nodig. Wijzigingen van één van de genoemde basisgrootheden dienen gecoördineerd te worden met die landen die daar last van zouden kunnen hebben.
Dit coördineren geschiedt over en weer en vergt soms wat compromissen.

In de onderstaande tabel 1 is weergegeven welke frequenties voor aardse omroep beschikbaar zijn. De breedte van het RF-kanaal en van het basisbandsignaal is hierbij gegeven. Bij de korte golf zijn tussen de aangegeven grenzen een aantal banden (met een totale breedte van ca. 2 MHz) voor omroep beschikbaar.

					Kanaal	B-band
LG	148,5	-	283	kHz	10 kHz	4,5 kHz
MG	526,5	-	1606,5	kHz	10 kHz	4,5 kHz
KG	5,950	-	26,1	MHz	10 kHz	4,5 kHz
FM	87,5	-	108	MHz	200 kHz	15 kHz x 2
TV-VHF	47	-	68	MHz	7 MHz	5 MHz
TV-VHF	174	-	223	MHz	7 MHz	5 MHz
TV-UHF	470	-	862	MHZ	8 MHZ	5 MHz

Tabel 1.

In Nederland zijn momenteel de volgende zendernetten gerealiseerd:

1. De landelijke FM (stereo)netten A, B en C met respectievelijk de programma's Radio 2, 3 en 4.
2. Het FM-D-net (mono) met regionale programma's (in principe één per provincie) die worden afgewisseld met het Radio 1 of Radio 2 programma als er geen regionale uitzendingen plaatsvinden.
3. De (landelijke) MG-netten E, F en G met respectievelijk de programma's Radio 5, 1 en 3.
4. De wereldomroep met 4 zenders in Nederland en twee andere zendstations te Bonaire en Madagascar.
5. Lokale omroep in de FM-band met een laag vermogen. In principe 50 W EIRP per zender.
6. De drie landelijke TV-netten met de programma's Nederland 1, 2 en 3.

Hiervoor worden de onderstaande zenderopstelplaatsen gebruikt: Goes, Markelo, Roermond, Smilde en Wieringermeer, alle met TV- en FM-zenders. Lopik (TV, FM en MG), Arnhem (alleen TV), Hulsberg (FM en MG), Flevo (MG en KG). Verder zijn er een achttal frequentiewisselaars in gebruik om de verzorging te realiseren in gebieden die door heuvels of fabriekscomplexen (bv. de Hoogovens) zijn afgeschermd.
Een frequentiewisselaar vangt het signaal van een zender op en zendt dit in frequentie verschoven, opnieuw uit, en heeft niet zoals een zender een aanvoer van het signaal door middel van een lijnverbinding met de studio.

Binnen de huidige planning zijn er voor Nederland nog onderstaande mogelijkheden:

1. het gebruik van één frequentie in de lange golf;
2. een vierde FM stereo-net met landelijke bedekking;
3. een vierde TV-net, echter niet met volledige landelijke bedekking maar op regionale basis.

Andere landen in Europa hebben soortgelijke mogelijkheden.
In Europa wordt verzorging van het totale landoppervlak nagestreefd.
In Noord-Amerika is de verzorging juist alleen gericht op bepaalde regio's c.q. stedelijke gebieden, er zijn dan landoppervlakten waar weinig of niets ontvangen kan worden. Bij een dergelijke opzet kunnen in de verzorgde gebieden meer programma's worden verspreid.

2 BEPERKINGEN VAN DE DISTRIBUTIE VIA AARDSE ZENDERS

Deze beperkingen moeten worden gezien in het kader van het gehele proces van programmaproduktie, verspreiding en weergave bij de consument. Tevens moet rekening worden gehouden met de tijd.
De nu in gebruik zijnde TV- en FM-systemen zijn geruime tijd geleden (meer dan 30 jaar) ontworpen. In beide systemen zijn sindsdien belangrijke vernieuwingen toegepast (stereoweergave bij de FM en kleur bij de TV). Om daarbij de compatibiliteit te behouden (een zwart-wit TV, bijvoorbeeld moet een kleuren TV-signaal kunnen weergeven) zijn er technische compromissen nodig geweest.

Gesteld kan worden dat vooral het totaal van de beperkingen gezien ten opzichte van de veranderde omgeving aanleiding is om nieuwe systemen te gaan ontwikkelen.
Een aantal beperkingen wordt kort toegelicht.

Geluidskwaliteit

Moderne consumentenapparatuur (CD-spelers en de binnenkort te introduceren Digital Audio Tape-recorder DAT), kan een betere geluidskwaliteit leveren. De kwaliteit van FM blijft hierbij achter. Mobiele en portable ontvangst van FM stereo-signalen is vaak niet met voldoende goede kwaliteit realiseerbaar.

Beeldkwaliteit

Vergeleken met film is televisie gebaseerd op een kleinere kijkhoek. Voor een grotere kijkhoek en een groter beeld (meer realisme) is voor TV een hogere resolutie nodig.
In de toekomst zal consumentenapparatuur (digitale video-recorder, beeldplatenspeler) een betere kwaliteit kunnen leveren dan de nu gangbare TV-omroep.
Verder is er in Europa de wens om van de verschillende TV-uitzendstandaarden (PAL, SECAM, AM-geluid of FM-geluid bij TV enz.) naar één of een familie van standaarden te gaan.

De kwaliteit van de conventionele omroepsystemen (vroeger een referentie) zou door de veranderende omgeving een beperkende factor kunnen worden.

Encryptie

In verband met betaaltelevisie is er behoefte aan een goed encryptiesysteem dat vrijwel niet te doorbreken is en dat de kwaliteit niet vermindert. Met het MAC-packetsysteem is dat beter realiseerbaar dan met de nu gangbare systemen.

Hoeveelheid

Een beperking van de huidige systemen is de maximale hoeveelheid uit te zenden programma's. Er is niet veel extra ruimte aanwezig.
Als een nieuw systeem geïntroduceerd moet worden is deze extra ruimte wel nodig, omdat tijdens de overgang ook de conventionele signalen nog gedistribueerd moeten worden. Het MAC-packetsysteem dat men in Europa wil introduceren kan niet zonder meer door de nu aanwezige tv-ontvangers worden verwerkt.
De huidige FM-ontvangers zijn eveneens niet geschikt voor nieuwe (digitale) signalen.

Verzorging

Voor een groot landoppervlak zijn er voor verzorging met aardse zenders veel zenderopstelplaatsen en veel frequentiewisselaars nodig. Voor landen als Frankrijk en Duitsland gaat het om tientallen zenderopstelplaatsen en honderden frequentiewisselaars.
Vooral in heuvelachtige gebieden vergt een volledige verzorging een groot aantal hulpzenders en/of frequentiewisselaars.
Verzorging door middel van een satelliet wordt dan een aantrekkelijk alternatief.

Opbouwtijd

Een aards zendernet voor een groot gebied heeft een lange opbouwtijd. Vooral in landen waar relatief weinig infrastructuur (verbindingen, stroomvoorzieningen e.d.) voorhanden is.
Door middel van een satelliet is het mogelijk ineens het gehele gebied van signaal te voorzien zonder eerst een infrastructuur (zendernet en verbindingen) in het gehele land op te bouwen.
Daarbij komt nog dat een satelliet een andere kwetsbaarheid heeft dan een aards netwerk van zenders en aanvoerverbindingen.

3 SATELLIET TV-OMROEP

3.1 Het WARC-77 plan

Om een beeld te geven van TV-omroep per satelliet wordt het WARC-77 plan voor satellietomroep in de band van 11,7-12,5 GHz besproken. Er is nogal wat kritiek op dit plan, daarop wordt later ingegaan. Het plan levert echter een goede technische basis om vanuit te gaan. Het is een volledig uitgewerkt plan dat op wereldniveau is aanvaard. In het onderstaande worden een aantal aspecten toegelicht.

- Per land (over de gehele wereld) kunnen 5 televisiekanalen worden gerealiseerd.
- Het plan voorzien in individuele ontvangst (Direct Broadcasting Satellite).
- Er kan met PAL- en SECAM-signalen een kwaliteit van 4,5 (op de 5-punts CCIR-schaal) worden gerealiseerd. De kwaliteitsvermindering ten gevolge van het uitzenden is derhalve geringer dan bij aardse zendernetten die op een kwaliteit van 3,5 zijn gepland.
- Er wordt FM-modulatie toegepast. De RF-bandbreedte is 27 MHz.
  De draaggolf/ruisverhouding C/N bedraagt 14 dB overall (inclusief de feeder links) voor ten minste 99% van de tijd in de slechtste maand.
- De bijbehorende aanvoerverbindingen van grondstation naar satelliet (feeder-links) zijn in Europa gepland in de band van 17,3-18,1 GHz.

Een zeer belangrijk punt (gezien de grote invloed op de kosten) is het per kanaal benodigde vermogen van de satelliet. Uitgaande van gelijke kwaliteit (zelfde C/N-verhouding, zelfde (regen) marge) zijn de eigenschappen van de ontvanginstallatie daarvoor bepalend. Bij het WARC-77 plan is voor de ontvanger een G/T-waarde van 6 dB/K° aangenomen bij een antennediameter van 90 cm.
Dit leidt tot een erg hoog vermogen (64 dBW EIRP) per kanaal, daarop is veel kritiek geleverd.
Door de ontwikkelingen die sinds 1977 hebben plaatsgevonden zijn aanzienlijk betere ontvangers mogelijk. Bij het door Eutelsat voorgestane Europesat zijn de kwaliteitsnormen van het WARC-77 plan gehanteerd, er is echter uitgegaan van ontvangers met een G/T van 14,3 dB/K° bij een antennediameter van 75 cm.
Omdat MAC-signalen beter geschikt zijn voor FM-modulatie dan PAL- en SECAM-signalen is voor de C/N een waarde van 13,3 dB gehanteerd. Het EIRP-vermogen van de satelliet kan dan 9 dB lager zijn (55 dBW).

Het is de vraag of al de zo verkregen marge gebruikt moet worden voor verlaging van het satellietvermogen. Het is ook mogelijk een deel van de marge te gebruiken voor HD-MAC (zie punt 3.2) dat een C/N van 17 dB vraagt. Tevens kan worden gedacht aan consumentvriendelijke apparatuur met kleinere en/of vlakke antennes.

3.2 Ontwikkelingen

De genoemde verbeteringen van satellietontvanginstallaties en het in Europa ontstaan van (grote) kabeltelevisiesystemen heeft een grote invloed gehad op de distributie van TV-signalen met behulp van satellieten.
Communicatiesatellieten worden en werden gebruikt voor het realiseren van punt naar punt televisieverbindingen. Ten gevolge van de technische ontwikkelingen werd het ook mogelijk de door de communicatiesatellieten uitgezonden signalen te ontvangen voor distributie in kabeltelevisienetten.
De prijzen van de ontvanginstallaties kwamen al spoedig op een zodanig niveau dat ook kleinere kabeltelevisienetten de satellietsignalen konden ontvangen. Dit geschiedt met professionele installaties met antennes met een diameter van 1,80 m à 3 m.
De geboden technische mogelijkheid werd en wordt vooral gebruikt om commerciële programma's voor een groot publiek (op Europese schaal) te verspreiden.

De ontwikkeling van ontvanginstallaties is zodanig verlopen dat zelfs individuele ontvangst van door communicatiesatellieten uitgezonden signalen mogelijk is. Deze installaties hebben antennes van 90 cm à 1,20 m en de goedkope uitvoeringen kosten ruwweg ƒ 1.500,- à ƒ 2.000,-. De gerealiseerde ontvangstkwaliteit voldoet dan niet aan de eisen en marges gehanteerd bij het WARC-77 plan.
Het vermogen waarmee communicatiesatellieten uitzenden bedraagt ca. 45 dBW EIRP (low power).
Inspelend op de beschreven ontwikkeling heeft het commercieel gerichte SES-consortium de Astra-satelliet ontwikkeld. Het vermogen per kanaal is ca. 50 dBW EIRP (medium power). Individuele ontvangst zou mogelijk zijn met een 60 cm antenne, de prijzen van de ontvanginstallaties zullen liggen rond de ƒ 750,- à ƒ 1.000,-.
De Astra-satelliet heeft een capaciteit van 16 kanalen. Er zullen programma's in PAL en MAC worden uitgezonden. Het verzorgingsgebied omvat een groot deel van Europa.
De gebruikte frequenties komen uit het frequentiegebied dat voor communicatiesatellieten beschikbaar is.

Op basis van het WARC-77 plan zijn een aantal meer nationaal gerichte satelliet omroepsystemen opgezet met een vermogen van rond de 60 dBW EIRP per kanaal (high power). Per satelliet kunnen dan slechts 5 kanalen worden uitgezonden.
In het onderstaande overzicht is een aántal van deze systemen genoemd.

Satelliet	Lanceerdatum	Administratie
TD F-1	27-10-1988	Frankrijk
Tv Sat.-2	juni 1989	Duitsland
BSB	augustus 1989	Verenigd Koninkrijk
Hispasat.	1991-1992	Spanje
Tele-X	nog niet bekend	Scandinavische landen.

Het in 3.1 genoemde Europesat-project is door Eutelsat bedoeld als een 2e generatiesysteem voor de bovengenoemde omroepsatellieten.
Om economische redenen is vooralsnog een lager satellietvermogen, 55 dBW EIRP per kanaal, voorzien.

Al deze systemen zullen MAC en in de toekomst wellicht het daarmee compatibele HD-MAC gaan uitzenden. Hierdoor wordt een betere beeld- en geluidskwaliteit verkregen. Met HD-MAC wordt een met HDTV vergelijkbare beeldkwaliteit verkregen. HD-MAC is in een andere voordracht van Ir. J.C.M. Annegarn beschreven.

Over het evenwicht tussen het satelliet EIRP-vermogen per kanaal, de gewenste kwaliteit en de mogelijkheden van de ontvangers bestaan verschillende benaderingen. Op basis van voor omroep benodigde kwaliteitscriteria en daarbij behorende marges (WARC-77) is ook bij moderne ontvanginstallaties een vermogen van 55 dBW EIRP per kanaal nodig.
Dit is de benadering gevolgd bij het Europesat-project.
Voornamelijk om economische redenen is bij de Astra-satelliet een lager vermogen, 50 dBW EIRP, gekozen.

3.3 Brede band HDTV-satellietomroep

Zoals blijkt uit 3.2 hebben een aantal Europese landen het voornemen om per satelliet MAC-signalen te gaan uitzenden voor individuele ontvangst. Een HD-MAC-signaal past eveneens in een kanaal volgens WARC-77. Met HD-MAC wordt een hogere beeldkwaliteit bereikt.
In de toekomst is er wellicht behoefte aan systemen waarmee de HDTV-kwaliteit dichter wordt benaderd. Het gaat om systemen waarbij ook tijdens veel en grote veranderingen van de beeldinhoud de bij HDTV behorende hoge resolutie volkomen wordt gehandhaafd. Hiervoor zijn kanalen nodig met een grotere bandbreedte dan een kanaal volgens WARC-77 met 27 MHz RF-bandbreedte.

In het kader van de CCIR zijn en worden systeemstudies verricht.
Een aantal voor het reserveren van frequentieruimte van belang zijnde punten zijn:
- Voor analoge overdracht: C/N 20 dB en RF-bandbreedte 40 à 54 MHz.
- Voor digitale overdracht: C/N 14,5 dB met een RF-bandbreedte van 120 MHz of een C/N van 22,5 dB met een RF-bandbreedte van 50 MHz (meer niveaumodulatie).
- Voor de planning kan worden uitgegaan van ruwweg 150 MHz benodigde bandbreedte voor 1 HDTV-kanaal per land.

Momenteel is in de regio 2 (het Amerikaanse continent) en regio 3 (Azië en Australië) onder sterk beperkende voorwaarden en niet exclusief het frequentiegebied van 22,5-23 GHz toegewezen voor satellietomroep. Japan gaat binnenkort beginnen met HDTV-proefuitzendingen. In Amerika en Canada wordt dit frequentiegebied voor andere doeleinden gebruikt.

In een door de World Administrative Radio Conferentie ORBIT 88 aangenomen resolutie wordt de Plenipotentiaire conferentie van 1989 gevraagd om in haar programma van toekomstige Conferenties een daartoe bevoegde WARC op te nemen die een mondiaal te gebruiken frequentiegebied voor HDTV-satellietomroep zou moeten vaststellen.
Het betreft een frequentiegebied van ca. 500 MHz in de band van 12-23 GHz.
Mede omdat de meningen over het hiervoor toe te wijzen frequentiegebied ook binnen Europa verdeeld zijn, is een en ander een zaak van lange termijn (2000 à 2010).

Voor satellietomroep zijn ook frequenties toegewezen in de frequentiebanden van 42 GHz en 86 GHz. Gezien de voortplantingseigenschappen van deze frequentiegebieden en in verband met de benodigde technologie wordt hier vooralsnog niet op doorgegaan.

4 SATELLIETGELUIDSOMROEP

In een standaardkanaal volgens het WARC-77 plan in de 12 GHz-band kunnen in plaats van het TV-signaal ook 16 stereo geluidsprogramma's worden overgebracht. Hiervoor is een systeem met digitale geluidsoverdracht ontwikkeld.

Duitsland zou één kanaal op de Franse TDF-1-satelliet gaan gebruiken om zo geluidsprogramma's te verspreiden. Mobiele ontvangst is hierbij echter niet mogelijk.

Door het CCIR worden al vrij lang systeemstudies verricht voor het per satelliet uitzenden van geluidssignalen voor mobiele, portable en huiskamerontvangst in de frequentieband van 0,5-2 GHz.
Er zijn hiervoor vijf systemen voorgesteld. De eigenschappen van het eenvoudigste en van het meest geavanceerde systeem worden hier vermeld.

I - Mobiele en portable ontvangst, eenvoudige opzet.
- Mono FM-modulatie compatible met de nu bij aardse zenders toegepaste FM-modulatie. RF-bandbreedte 180 kHz.
- Signaal/ruisverhouding ca. 40 dB. Satellietvermogen 51 à 60 dBW EIRP voor een kanaal.
- Voor een planning van 1 kanaal per land is een frequentieband van totaal 9 MHz nodig.
- Ontvangst is mogelijk met een normale FM-(auto)-radio plus voorzeteenheid die alleen maar de frequentie verschuift.

II - Mobiele en portable ontvangst. Hoge kwaliteit, vergelijkbaar met CD-kwaliteit.
- Orthogonale frequency division modulatie gecombineerd met MASCAM. De RF-bandbreedte is 7 MHz voor 16 stereokanalen.
- Signaal/ruisverhouding equivalent aan 16 bit/s sample codering. Satellietvermogen 54 à 58 dBW EIRP voor een stereokanaal.
- Voor een planning van 16 stereokanalen per land is een frequentieband van 28 à 84 MHz nodig. Uitgaande van uniforme bedekkingsgebieden kunnen 16 stereokanalen per bedekkingsgebied worden gerealiseerd in een band van 28 MHz.

De toegepaste modulatie- en bit-rate reductietechnieken zijn in een voordracht van Ir. Nederlof toegelicht.
Voor het systeem zijn relatief complexe ontvangers nodig.
De benodigde frequentie ruimte per kanaal is echter klein en ook bij mobiele ontvangst in stedelijke gebieden (reflecties) is ontvangst met hoge kwaliteit mogelijk.

In een door de World Administrative Radio Conference ORBIT 1988 aangenomen resolutie wordt de Plenipotentiaire conferentie van 1989 gevraagd om in haar programma van toekomstige conferenties het onderwerp van een revisie van het desbetreffende deel van de frequentietabel op te nemen.

Volgens een resolutie van de WARC 1987 (Mobile services) zou dit niet later dan 1992 moeten gebeuren.
Voor satelliet-geluidsomroep dient volgens de resolutie een frequentietoewijzing gezocht te worden in het frequentiegebied van 0,5-3 GHz. Bij de omroep (EBU) is er een voorkeur voor het frequentiegebied van 0,5-2 GHz. In verband met de wens van onder meer de Zuid-Amerikaanse landen is deze voorkeur niet in de resolutie zelf maar alleen in haar overwegingen ("Considerings") vermeld.

Het frequentiegebied van 0,5-3 GHz is druk bezet en nog steeds zeer gewild, ook voor niet-omroeptoepassingen.
Zoals in de voordracht van Ir. Nederlof is vermeld worden ook mogelijkheden bestudeerd om het systeem beschreven in 4 II (OFDM-MASCAM) onder te brengen in de (UHF) TV-banden.
Eveneens worden mogelijkheden verkend voor uitzending met aardse zenders.

5 DISTRIBUTIE VAN OMROEPSIGNALEN

Met de beschreven satellietsystemen en nieuwe beeld- en geluidsuitzendmethodes kunnen de in punt 2 genoemde beperkingen grotendeels worden opgeheven.
Voor de toekomst kan de vraag gesteld worden of ether distributie (met aardse zenders of satellieten) nog nodig is.
Een geïntegreerd net zou immers ook de omroepdistributie kunnen verzorgen.

Voordat een geïntegreerd net gerealiseerd zal zijn en een flink deel van de abonnees zal bereiken, zoals nu de kabel-tv-netten, verloopt er al gauw 10 jaar zo niet langer. De ontwikkelingen gaan echter door en satellietomroep zal daar zeker een rol bij spelen.

Tevens is er voor geluid een duidelijke behoefte aan mobiele en portable ontvangst en ook voor televisie is er behoefte aan ontvangst voor caravans, kampeerauto's e.d.
Een andere vraag is ook of een geïntegreerd net alle abonnees, ook die in relatief afgelegen gebieden, van signaal zal voorzien.

Een relatief nieuwe ontwikkeling is het MMMVDS (Microwave Multiple Multipoint Video Distribution System). Het is een systeem waarmee een aantal video signalen te samen worden getransporteerd. Kanalen van standaard bandbreedte en kanalen met een grotere bandbreedte (HDTV) kunnen in één systeem te samen worden getransporteerd. Er worden frequenties in het microgolfgebied (bv. 11-12 GHz of 25-40 GHz) gebruikt.

Vanuit een punt wordt rondgestraald ten behoeve van meerdere ontvangpunten.
Deze ontwikkeling komt uit Engeland en is daar onder meer in studie als alternatief voor het koppelnet van een CATV-systeem. Dergelijke systemen zouden ook gebruikt kunnen worden om de capaciteit van een bestaand koppelnet uit te breiden.

In onderstaande tabel 2 is aangegeven wat de sterke en minder sterke punten van de verschillende distributiemogelijkheden (aardse zenders, satellieten, brede bandnetten en kabel-tv-netten) zijn.

	Aards	Satelliet	B.B.-net
Hoeveelheid	0/-	0	+
Verzorging/opp.	0	+	-
Lokaal/reg.	+	-	+
Mobiel/port.	0	0	-
Beheer Infrastructuur	0	+	-

Hoeveelheid

De mogelijkheden van de aardse zenders zijn beperkt, veel extra ruimte is er niet. Met satellieten kunnen meer programma's worden verspreid, de maximale capaciteit is echter begrensd. Een geïntegreerd net heeft in principe geen capaciteitsbegrenzing in verband met de gebruikte frequentieruimte.

Verzorging

Verzorging van een groot en/of heuvelachtig gebied met aardse zenders is niet probleemloos. Met een satelliet kan dit juist goed geschieden. Het punt van brede bandnetten is de vraag of zij wel gerealiseerd zullen worden in afgelegen c.q. dun bebouwde gebieden.

Lokaal/regionaal

Aardse zenders en brede bandnetten maken lokale en regionale verspreiding van programma's goed mogelijk. Satellieten zijn hiervoor minder geschikt.

Mobiel/portable

Met aardse zenders en satellieten kan mobiele en portable ontvangst worden gerealiseerd. Voor hoge kwaliteit moet hiermee bij de systeemopzet duidelijk rekening worden gehouden. Een vast net is hiervoor niet geschikt.

Beheer/infrastructuur

Voor aardse zenders is een infrastructuur nodig en een organisatie om het netwerk te beheren. Voor kabeltelevisienetten en brede bandnetten geldt dit in sterkere mate omdat de desbetreffende apparatuur en kabels overal in het net aanwezig zijn.
Bij satellietdistributie zijn de middelen veel centraler opgesteld.
Het gaat om één grondstation en de satelliet. Vooral in landen met weinig infrastructuur een groot voordeel.

Een gedetailleerde en exacte kostenvergelijking is niet eenvoudig en wordt in dit kader niet gegeven. Gesteld kan worden dat satellietdistributie aantrekkelijk wordt voor grote landoppervlakten en dat een geïntegreerd net in gebieden met lage bebouwingsdichtheid financieel niet aantrekkelijk lijkt.
Gezien de ontwikkelingen op het gebied van individuele ontvangers voor satellietomroep zullen de kabeltelevisienetten en geïntegreerde netten daar concurrentie van krijgen.

Samenvattend kan worden gesteld dat in de toekomst de beschreven distributiemethoden elkaar zullen aanvullen. Elke vorm van distributie heeft zijn specifieke sterke en zwakke punten. Geen van de middelen is op alle punten het beste.

Literatuurlijst

CCIR volume 10 part 1 Broadcasting service (sound).
CCIR volume 11 part 1 Broadcasting service (television).
CCIR volume 10 and 11 part 2 Broadcasting satellite service (sound and television).

Final acts. Adapted by the second session of the World Administrative Radio Conference on the use of the Geostationary Satellite Orbit and the planning of Space services utilizing it (ORB88).

EBU publikatie SPB442 part 1 guiding principles for the development of satellite broadcasting into the 21st century.

SPB442 part 2: Technical studies on the development of satellite broadcasting into the 21st century.

Voordracht gehouden tijdens de 364e werkvergadering.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

J. van der List, Fluitekruid 20, 2201 SM Noordwijk.

K.J. Rijkse, Lelieplein 48, 4401 HM Yerseke.

Nieuwe leden

Ir. H.N. Carbière, Roldestraat 144, 2545 XL 's-Gravenhage.

Dr.ir. A.J.H.M. Duquesnoy, Kolhornseweg 25, 1213 RS Hilversum.

Ir. W.A.Th. Kotterman, Meerkoetlaan 88, 2623 NK Delft.

Ir. T. Pikaar, Lange Achterweg 64, 3111 JK Schiedam.

R.F.J. Schaffels, Hertogensingel 92, 5341 AG Oss.

W.T.E. Vaessen, Parelduikerstraat 44, 5912 VD Vaals.

Nieuwe adressen van leden

Prof.dr.ir. G. Brussaard, Stevertsemolen 4, 5612 DT Eindhoven.

Ir. W. van Eck, S. Vestdijklaan 13, 2343 KW Oegstgeest.

Ir. R.J.M. van Eyndhoven, Vingerling 2, 3271 VD Mijnsheerenland.

Ir. H.W.J. Russchenberg, Houtmarkt 4-C, 2312 PZ Leiden.

Conferentieaankondigingen

PATO

Statistische detectie- en meettheorie; 6, 13, 20, 27/3 en 3, 10, 17, 24/4 en 1, 8/5/1989 in TUT.

Ontwerpen van multivariabele regelsystemen; 10, 11, 12/4, 12, 13/6/1989 in TUD.

Contactadres: PATO secretariaat, Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK 's-Gravenhage. Tel. 070-644957.

Mikroelektronik; 13-15 März 1989 Baden-Baden, Kongreßhaus.*)
Stochastische Modelle und Methoden in der Informationstechnik; 12-14 April 1989; Universität Erlangen-Nürnberg, Lange Gasse 20.*)
Vakuumelektronik und displays, 8-10 Mai 1989 Garmisch-Partenkirchen, Kongreßzentrum. *)

*) Contactadres: VDE-Zentralstelle Tagungen, Stresemannallee 15, D-6000 Frankfurt am Main 70. Tel. (069) 6308-202 en 321.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 54 – nr. 1 – 1989

Druk: de Witte, Eindhoven.